

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky

Diplomová práce

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra kybernetiky a biomedicínského inženýrství

Řízení a regulace pomocných hospodářství pro
čisticí linku vrtných tyčí
Control and Regulation of Auxiliary Cleaning
Line Drill Rods

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra kybernetiky a biomedicínského inženýrství

Zadání diplomové práce

Student:

Bc. Ondřej Juzik

Studijní program:

N2649 Elektrotechnika

Studijní obor:

2612T041 Řídicí a informační systémy

Téma:

Řízení a regulace pomocných hospodářství pro čisticí linku vrtných tyčí
Control and Regulation of Auxiliary Cleaning Line Drill Rods

Jazyk vypracování:

čeština

Zásady pro vypracování:

Diplomová práce se zabývá návrhem a realizací systému pro regulaci pomocných hospodářství pro automatizovanou linku sloužící k čištění vrtných tyčí. Cílem práce je projekt pomocných hospodářství, návrh a realizace řešení elektrického vybavení a návrh a implementace řídicího software.

V souhrnu je práce charakterizována následujícími body:

1. Analýza současného stavu a návaznost tématu na ostatní části automatizované linky.
2. Návrh a realizace elektrického zařízení pro provoz regulace.
3. Návrh a implementace řídicího software.
4. Návrh a implementace vrstvy HMI.
5. Zhodnocení dosažených výsledků.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] CORRIPIO, Armando B. a Michael W. NEWELL. *Tuning of industrial control systems*. Third edition. Research Triangle Park, NC: ISA, International Society of Automation, 2015. ISBN 087664034X.
- [2] PETRUZELLA, Frank D. *Programmable logic controllers*. Fifth edition. New York, NY: McGraw-Hill Education, 2016. ISBN 0073373842.
- [3] MCCRADY, Stuart G. *Designing SCADA application software: a practical approach*. Singapore: Elsevier Science, 2013. ISBN 0124170005.
- [4] GISCHEL, Bernd. *EPLAN electric P8: reference handbook*. 4th edition. Cincinnati: Hanser Publications, 2016. ISBN 978-1569904985.
- [5] ŠMEJKAL, Ladislav a Marie MARTINÁSKOVÁ. *PLC a automatizace*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 1999. ISBN 80-86056-58-9.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Zdeněk Slanina, Ph.D.**

Datum zadání: 01.09.2016

Datum odevzdání: 28.04.2017



doc. Ing. Jiří Koziorek, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta:

„Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.“

Dne: 26. 4. 2017

Ondřej Juzik

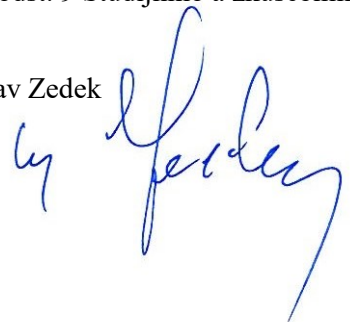


Prohlášení firmy:

„Souhlasím se zveřejněním této diplomové práce dle požadavků čl. 26, odst. 9 Studijního a zkušebního řádu pro studium v magisterských programech VŠB-TU Ostrava.“

Dne: 26. 4. 2017

Ing. Vítězslav Zedek



Poděkování:

Děkuji Ing. Zdeňku Slaninovi, Ph.D. za odborné vedení práce, věcné připomínky, dobré rady a vstřícnost při konzultacích a vypracovávání diplomové práce. Dále poděkování patří Ing. Vítězslavovi Zedkovi za umožnění stát se součástí realizačního týmu. A také je nutné poděkovat p. Jiřímu Souškovi a p. Pavlovi Lepařovi za odborné připomínky a pomoc při realizaci projektu.

Abstrakt

Diplomová práce na téma Řízení a regulace pomocných hospodářství pro čistící linku vrtných tyčí popisuje návrh technického řešení pomocných hospodářství, které jsou nezbytnou součástí technologické linky pro odstranění radioaktivního povlaku usazeného na vrtných tyčích, využívané pro těžbu ropy. Řeší konstrukční provedení elektronických řídicích obvodů, jejich optimalizaci s ohledem na pracovní podmínky a prostředí, technologické postupy, realizaci a samotné vyzkoušení v reálném provozu. V jednotlivých kapitolách je popisován návrh řídicího algoritmu, výběr vhodných hardwarových komponent, sestavení rozvodné skříně a uvedení pomocných hospodářství do provozu.

Klíčová slova

Rozvodná skříň, PLC, Akční člen, Snímací prvek, Řídicí algoritmus

Abstract

Topic of this thesis is Control and regulation of auxiliary cleaning lines for drilling rods. In this work, design of technological solutions of those systems is discussed. Systems like these are essential part of a technological line for elimination of radioactive coating settled on drilling rods, which are used for oil extraction. Design of electronic control circuits, their optimization with respect to working conditions and environment, technological procedures, realization and testing in real production is described. In particular chapters, design of control algorithm, selection of appropriate hardware components, assembly of switchboard and activation of auxiliary cleaning lines is shown.

Keywords

Switchboard, PLC, Actuators, Sensor element, Control algorithm

Obsah

1	Úvod.....	1
2	Analýza současného stavu a návaznost na ostatní části automatizované linky	2
2.1	Oplachové vody	4
2.2	Roztoky KCD	8
2.3	Kyselé oplachové vody	10
2.4	Pasivace	12
2.5	Kalové hospodářství.....	13
3	Návrh a realizace elektrického zařízení pro provoz regulace	16
3.1	Pojistkový odpojovač	17
3.1.1	OEZ VARIUS	18
3.1.2	Schneider electric TeSys GS.....	19
3.2	Jistící prvky	20
3.2.1	OEZ	20
3.2.2	Schneider Electric	21
3.2.3	Zhodnocení a výběr jistících prvků	22
3.3	Snímací prvky	23
3.3.1	Snímání hladin	23
3.3.2	Snímání polohy	27
3.3.3	Zhodnocení a výběr snímacích prvků	29
3.4	Řídicí systém.....	29
3.4.1	Siemens 1212C DC/DC/RLY	30
3.4.2	Unitronics UniStream 10.4“	31
3.4.3	Zhodnocení a výběr řídicího systému.....	32
4	Návrh a implementace řídicího software	33
4.1	Flotační nádrž	33
4.1.1	Princip flotační nádrže.....	34
4.1.2	Filtrace	36
4.1.3	Vypouštění kalu z flotační nádrže	38
4.2	Statický směšovač.....	39

4.3	Kalolis.....	41
4.3.1	Zavírání a plnění kalolisu	43
4.3.2	Odtlakování a otevírání kalolisu	46
4.3.3	Ostřík filtračních desek.....	48
4.4	Diagnostické a testovací systémy	49
4.4.1	Diagnostika analogového měření.....	49
4.4.2	Diagnostika digitálních signálů	53
4.4.3	Diagnostika programu	55
5	Návrh a implementace vrstvy HMI	57
5.1	Hlavní obrazovka	57
5.2	Nastavení 1. Technologie	59
5.3	Nastavení 2. Technologie	60
5.4	Nastavení 3. Technologie	62
5.5	Nastavení 4. Technologie	63
5.6	Servisní režim	64
5.7	Technologické schéma	68
6	Závěr.....	73
7	Literatura.....	74
8	Přílohy	76

Seznam použitých zkratek

PLC	Programovatelný logický automat
HMI	Human machine interface
RMK	Rozvodná skříň
MaR	Měření a regulace
HCL	Kyselina chlorovodíková
$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$	Síran železitý
Rn	Radon
AMEA	Membránový hydraulický kalolis
AKEA	Komorový hydraulický kalolis

Seznam obrázků

Obrázek 1 Princip oplachu vrtných tyčí.....	4
Obrázek 2 Zjednodušené technologické schéma 1. technologie	5
Obrázek 3 Čtyřkomorová flotační nádrž I. pomocné technologie	6
Obrázek 4 Statický směšovač I. pomocné technologie	7
Obrázek 5 Kalolis AMEA 535 I. pomocná technologie	7
Obrázek 6 Zjednodušené technologické schéma 2. technologie	8
Obrázek 7 Filtrace II. pomocná technologie	9
Obrázek 8 Zjednodušené technologické schéma 3. technologie	10
Obrázek 9 Flotační nádrže III. technologie	11
Obrázek 10 Zjednodušené technologické schéma 4. technologie	12
Obrázek 11 Kalilos AMEA	13
Obrázek 12 Model hydraulického agregátu	15
Obrázek 13 Pojistkový odpojovač OEZ Varius [8].....	18
Obrázek 14 Pojistkový odpojovač Schneider electric TeSys GS [9]	19
Obrázek 15 Jistič 1P OEZ [10]	20
Obrázek 16 Jistič 3P Schneider electric [11].....	22
Obrázek 17 Plovák NIVOFLOAT [12].....	24
Obrázek 18 Plovákový snímač HONEYWELL LRNH31S42 [7]	25
Obrázek 19 NIVELCO RCM-400-1 [7].....	26
Obrázek 20 BALLUFF BES02E0 [13]	27
Obrázek 21 SICK deTec2 Core [14]	28
Obrázek 22 Siemens 1212C DC/DC/RLY [15]	30
Obrázek 23 Unitronics UniStream 10.4" [16].....	31
Obrázek 24 Řídicí algoritmus flotační nádrž - napouštění.....	34
Obrázek 25 Řídicí algoritmus transportní nádrž	35
Obrázek 26 Vyhodnocení stavu filtračního aparátu	36
Obrázek 27 Promývání filtračních prvků	37
Obrázek 28 Vypouštění kalu z flotační nádrže	38
Obrázek 29 Dávkování Síranu železitého	39
Obrázek 30 Dávkování Vápenného mléka	40
Obrázek 31 Kalolis AKEA.....	41

Obrázek 32 Podmínky zavírání lisu	43
Obrázek 33 Uzavření kalolisu	44
Obrázek 34 Filtrace	45
Obrázek 35 Podmínky otevírání kalolisu	46
Obrázek 36 Otevírání kalolisu.....	47
Obrázek 37 Simatic S7-1200 AI 12Bit [6].....	49
Obrázek 38 Zapojení vstupních analogových karet S1200 [6]	50
Obrázek 39 Diagram softwarové diagnostiky	52
Obrázek 40 Digitální signál [5].....	54
Obrázek 41 Filtrace digitálního signálu [5].....	54
Obrázek 42 Stavovy automat	55
Obrázek 43 Hlavní obrazovka HMI	57
Obrázek 44 Nastavení 1. Technologie	59
Obrázek 45 Nastavení 2. Technologie	61
Obrázek 46 Nastavení 3. technologie.....	62
Obrázek 47 Nastavení 4. technologie.....	63
Obrázek 48 Servisní režim 1. Technologie	64
Obrázek 49 Servisní režim 2. Technologie	65
Obrázek 50 Servisní režim 3. technologie.....	66
Obrázek 51 Servisní režim 4. technologie.....	67
Obrázek 52 HMI Technologické schéma 1. pomocného hospodářství.....	68
Obrázek 53 HMI Technologické schéma 2. pomocného hospodářství	69
Obrázek 54 Neaktivní snímací prvek	70
Obrázek 55 Aktivní snímací prvek.....	70
Obrázek 56 HMI Technologické schéma 3. pomocného hospodářství	70
Obrázek 57 HMI Technologické schéma 4. pomocného hospodářství	71
Obrázek 58 Neaktivní akční prvek.....	71
Obrázek 59 Aktivní akční člen.....	71
Obrázek 60 Porucha akčního prvku	72
Obrázek 61 Servisní režim akčního prvku	72

Seznam tabulek

Tabulka 1 Konstrukční skupiny kalolisu.....	14
Tabulka 2 Vlastnosti pojistkového odpojovače Varius [8]	18
Tabulka 3 Vlastnosti pojistkového odpojovače TeSys GS [9].....	19
Tabulka 4 Vlastnosti jističů OEZ [10]	21
Tabulka 5 Vlastnosti jističů Schneider electric [11]	22
Tabulka 6 Vlastnosti plováku NIVOFLOAT [12]	24
Tabulka 7 Vlastnosti HONEYWELL LRNH31S42 [7].....	25
Tabulka 8 Vlastnosti NIVELCO RCM-400-1 [7].....	26
Tabulka 9 Vlastnosti indukčního snímače Balluff BES02E0 [13].....	28
Tabulka 10 Vlastnosti SICK deTec2 Core [14]	29
Tabulka 11 Vlastnosti Siemens 1212C DC/DC/RLY [15]	30
Tabulka 12 Vlastnosti UniStream 10.4“ [16].....	31
Tabulka 13 Měřicí rozsahy analogových signálů [2]	50

1 Úvod

Nacházíme se v době, kdy již lidstvo došlo k poznatku, že je vhodné využívat proces recyklace. K tomuto úsudku vybízí nejen ekologická šetrnost vůči planetě, na níž žijeme, ale i prostý ekonomický fakt. Je nutné si uvědomit, že zásoby nerostných surovin dosahují konečného limitu, který dříve či později bude vyčerpán.

Díky této skutečnosti, vznikla vize k vytvoření technologického celku, jenž by dokázal zregenerovat vrtné tyče sloužící v těžebním průmyslu pro těžbu ropy a souvisejících nerostných surovin. Tento podnět vznikl z toho důvodu jejich kontaminace radioaktivními prvky při těžbě, a možnosti jejich opakovatelného použití s ohledem na vysoké výrobní náklady.

Jelikož zájem o takovou technologii byl výslovný, bylo nutné ji vytvořit. Jedná se o vzájemné propojení systému, založeného na chemicko-fyzikálním působení jednotlivých činitelů čtyřech dílčích technologických sekcí. A právě každá tato sekce potřebuje pro svoji dlouhodobě stabilizovanou činnost podružné technologie – „Pomocná hospodářství“. A právě takováto pomocná hospodářství jsou popsána v této diplomové práci.

V první řadě bude detailně rozebrána problematika a nutný technologický postup jednotlivých pomocných hospodářství, který je nezbytný dodržet pro výslednou úspěšnou realizaci celého projektu. Dále je v práci popsána celková projekce elektroinstalace a následný výběr vhodných hardwarových a softwarových komponent.

Následné je popsáno sestavení řídicího algoritmu pro všechny pomocné hospodářství, kde popisy funkčních principů jsou vždy doprovázeny diagramy aktivit. Tyto diagramy budou nápomocny při samotné realizaci řídicího algoritmu.

V poslední fázi realizace celého projektu je popsána celá vizualizace, sloužící nejen jako informační prvek. HMI panel umožňuje nastavení vstupních parametrů pro celkovou regulaci jednotlivých pomocných soustav, ale obsahuje i ovládací prvky technologie.

Celá práce je završena konečným zhodnocením jednotlivých postupů a dosažených cílů při realizaci celkového projektu pomocných hospodářství.

2 Analýza současného stavu a návaznost na ostatní části automatizované linky

Odstranění nečistot a částečné radiace z vrtných tyčí je složitý technologický postup. Pro zjednodušení popisu celé technologie je výhodné si proces rozdělit na čtyři jednotlivé segmenty. Těmito segmenty je myšleno:

- a) Oplachové vody
- b) Roztoky KCD
- c) Kyselé oplachové vody
- d) Pasivace

Každá tato část obsahuje samostatné na sobě nezávislé pomocné hospodářství. Pod pojmem pomocné hospodářství si představme podružnou technologii. Tento podružný celek obstarává regeneraci potřebných chemických roztoků, které jsou nezbytné pro správný chod celého technologického celku. Regenerace chemického roztoku probíhá zjednodušeně tímto způsobem, nejprve je nutné odstranění hrubých nečistot. To provedeme například pomocí flotačních nádrží. Dále se provede snížení hodnoty pH pomocí zředěné kyseliny. Tento krok se provádí pouze za předpokladu, že pH původního roztoku je rovno nebo větší než je hodnota 7 pH. Snížení pH se provádí pouze do hodnoty 4 pH. Jakmile hodnota pH dosáhne hodnoty 4 nebo méně, nastane čas postoupit k následujícímu kroku. Tím je neutralizace roztoku. Která se provádí za pomoci vápenného mléka ($\text{Ca}(\text{OH})_2$).

Následujícím krokem je odstranění drobných nečistot. K tomu se využívají usazovací nádrže, které mohou být vybaveny usazovacími lamely anebo dvojicí sériově zapojených vysokotlakých filtrů. Využitá metoda závisí na daném vstupním roztoku. Všechny nabízené varianty budou popsány níže při podrobném rozboru jednotlivých pomocných hospodářství.

Poslední činnost pomocných hospodářství je zpracování vzniklého kalu. Kal neboli nečistoty, které odstraníme z roztoků při jejich regeneraci. Kal se nám shromažďuje ve flotačních, usazovacích nádržích či vysokotlakých filtrech. Z těchto technologických prvků je nutné vzniklý kal pravidelně odstranit. Odstraněný kal se transportuje do kalových nádrží, ze kterých je přečerpáván plnicími čerpadly do kalolisů. Kalolisy slouží k oddělení kapalných a pevných částí kalu.

Řízení a regulace celého technologického celku je realizována pomocí dvou PLC automatů. První PLC automat je v roli „master“ celého procesu. Hlavní náplní tohoto řídicího prvku je zjednodušeně řečeno transport jednotlivých vrtných tyčí celou technologickou linkou. Pokud půjdeme více do hloubky transportního procesu, zjistíme, že je v něm obsažena vstupní a výstupní kontrola vrtných tyčí. Dále je zde řízení a regulace jednotlivých akčních prvků. V poslední řadě má tento automat na starost přesné načasování vysokonapěťových výbojů, jejichž smysl v technologii bude rozebrán v popisu druhého pomocného hospodářství.

Primární technologický postup může korektně pracovat pouze za předpokladu, že pomocná hospodářství vykonávají regeneraci využitých roztoků dle stanovených podmínek. Pro řízení a regulaci pomocných hospodářství a následné dodržení stanovených standardů je zde sekundární PLC automat. Tento prvek je v roli „slave“ oproti primárnímu PLC. Komunikace mezi těmito řídicími jednotkami je provedena pomocí protokolu PROFInet. Bližší popis činnosti sekundárního PLC bude rozebráno v následujících podkapitolách.

Celý provoz je koncipován jako poloautomatický. Valná většina operací je prováděna automaticky po splnění nadefinovaných vstupních podmínek, ale z důvodu zachování bezpečnostních předpisů je nutné, aby určité operace v technologickém procesu byly vykonávány pouze za dozoru obsluhy.

Celý technologický celek bude umístěn do samostatné haly, jenž je dělena do tří hlavních oblastí. První část haly slouží pro přísun vrtných tyčí, které je potřeba zbavit nečistot a radiace. Tyče jsou dovezeny za pomoci nákladních aut, která jsou vykládána přímo na linku. Proto je nutné, aby zde byl přítomný portálový manipulátor pro přemístění balíku vrtných tyčí z korby nákladního auta na vstupní rošt technologie. Na tomto roštu dochází k prvnímu roztřídění podle délky. Tyče, jenž nedosahují požadované délky, jsou odstraněny. Dále je nutné, aby vrtné tyče nebyly příliš zkroucené nebo ohnuté. Toto vyhodnocení se provádí pomocí předdefinované formy a optickým snímáním tvaru.

Jakmile je dokončena vstupní prohlídka, putují tyče do druhého sektoru výše zmiňované haly. V této hale je umístěna celá technologie včetně pomocných hospodářství a kalových koncovek. Pročištěné tyče se shromažďují v poslední třetí části, kde jsou skládány a svazovány do balíků. Tyto balíky jsou poté nakládány na nákladní auta a putují zpět do ropného průmyslu.

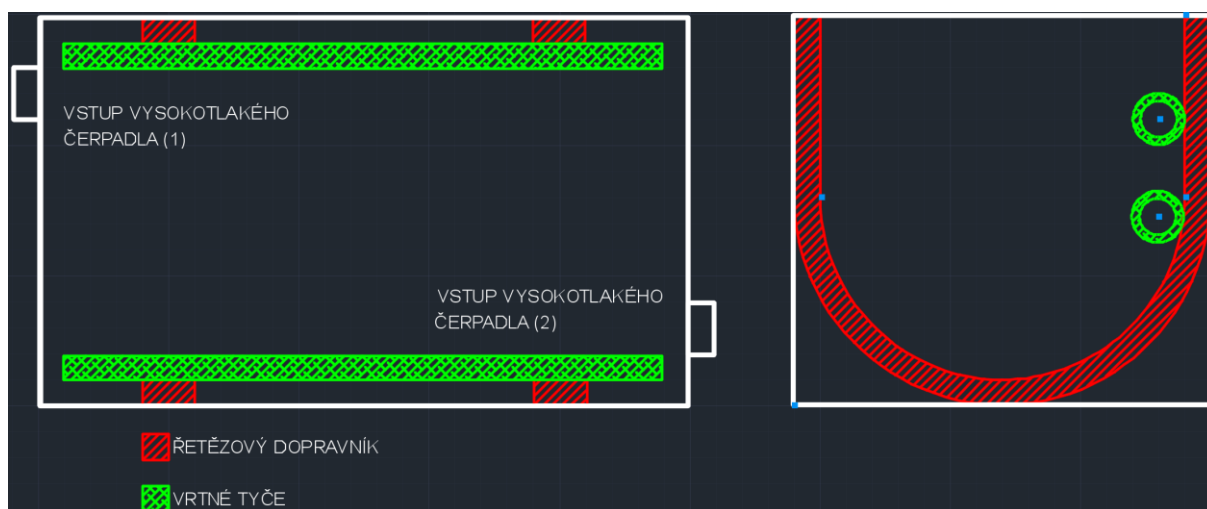
V technologickém procesu je využíváno akčních prvků s pneumatickými, hydraulickými a elektrickými pohony. Pneumatické akční členy se například velice často využívají pro dávkování chemikálií do připravovaných roztoků. Pneumatický pohon je v praxi velice oblíbený pro využití plnění kalolisů. S hydraulickými pohony se například můžeme setkat u kalolisů, tyto pohony pracují velice spolehlivě i při velkém odporu. Jejich nevýhoda je pouze velká robustnost celého pohonu. Elektrické pohony jsou nám všem velice známé, nalezneme je ve zbytku technologie ať už jako ponorné, odstředivé čerpadla, dmýchadla nebo pohony manipulátorů, jenž jsou umístěny na začátku a konci technologie.

Pro přísun elektrické energie je samostatná trafostanice jen pro tuto technologickou halu. Trafostanice je koncipovaná tak, aby při běžném provozu byla zatížena jen ze 70%, a to z důvodu vykrývání špiček při nabíhání akčních členů. Součástí trafostanice je samozřejmě i kompenzace, pro odstranění nežádoucího jalového výkonu.

2.1 Oplachové vody

První část technologie, jak již bylo výše zmíněno, se nazývá „*Oplachové vody*“. V této části se využívá tlakové vody pro odstranění hrubých nečistot především na povrchu tyčí. Hlavními prvky toho procesu je nádrž, dvě vysokotlaká čerpadla s umístěnými výtlaky na protilehlých stranách nádrže a řetězový dopravník.

Princip této technologie je velice jednoduchý, jedná se pouze o přemístění vrtných tyčí přes nádrž pomocí řetězového dopravníku umístěného na stěnách nádrže. K nádrži jsou připojena dvě vysokotlaká čerpadla, jejichž výtlaky jsou umístěny na vzdálenější protilehlé strany nádrže. Objem nádrže je pouze technologická voda, nejedná se o chemický čistící roztok, jak je tomu v následujících nádržích. Základní princip je znázorněn na následujícím obrázku 1.

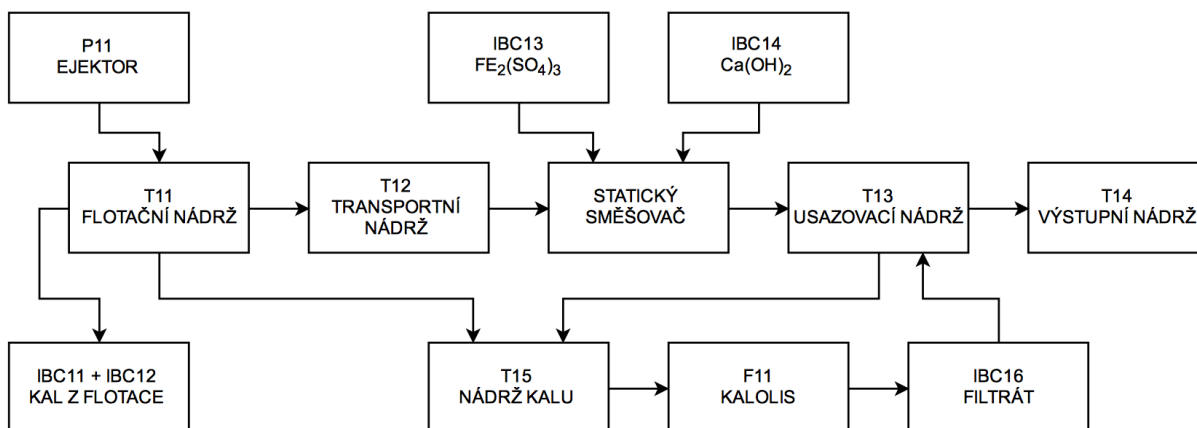


Obrázek 1 Princip oplachu vrtných tyčí

Celý proces prvního technologického úseku probíhá zcela automaticky, a pokud nedojde k poruše, není potřeba jakéhokoliv zásahu obslužného personálu. Nádrž musí být z bezpečnostního důvodu uzavřena. Jediné volné prostupy nádrže slouží pro vstup a výstup vrtných tyčí. Zakrytování se provádí z důvodu minimalizace unikání oplachové vody a uvolněných nečistot z nádrže. Je nežádoucí, aby docházelo ke styku obsluhy a oplachových vod.

Nádrž je dále vybavena vstupními a výstupními přírubami, které slouží pro regeneraci roztoku obsaženého v nádrži. Součástí vstupního a výstupního potrubí, díky kterému je tato část technologie spojena s prvním pomocným hospodářstvím, jsou šoupata. Tyto šoupata jsou vybavena mechanickými snímači polohy, které slouží pro řídicí algoritmus jako zpětná vazba. Jakmile nedojde k uzavření či otevření daného šoupěte v předem definovaný časový interval, je celá část technologie odstavena, dokud není chybový stav obsluhou napraven. Poruchové stavy jsou signalizovány vizuálně a akusticky.

Jakmile dojde k potřebě regenerace obsahu první nádrže, dochází k otevření výstupního šoupěte nádrže. Díky koncovým snímačům poloh dochází zpětnou vazbou k ověření plného otevření šoupěte. V tuto chvíli dojde k zaplavení potrubí a čerpadla P11 (viz. Obrázek 2 a 3). Zda-li tento stav opravdu nastal je potvrzeno snímačem zaplavení, umístěného v potrubí těsně před sáním čerpadla P11. Jakmile je zaplavení potvrzené, je splněna první část podmínek pro chod vstupního čerpadla P11. Zbývajícím podmínkou je úroveň hladiny kapaliny v nádrži T14. Pokud je dosaženo maximální úrovně není možné čerpat. V opačném případě je čerpadlo spuštěno.



Obrázek 2 Zjednodušené technologické schéma 1. technologie

I když je u čerpadla využito snímače zaplavení, tak není vstupní čerpadlo P11 stoprocentně chráněno, protože se v těchto případech využívá vibračních nebo vodivostních sond, může dojít ke stavu, kdy se mezi elektrodami vytvoří vzduchová bublina a následné měření tak může být ovlivněno. Tento stav může vést k tomu, že se čerpadlo spustí bez kapaliny a dojde k jeho poškození. Naskytá se otázka jak předejít i tomu stavu. V našem případě je využito frekvenčního měniče, díky kterému řídíme chod čerpadla P11. Frekvenční měniče nabízejí krom změny výstupní frekvence mnohem více. Například snímání odebíraného proudu daného akčního prvku. Z těchto naměřených hodnot lze snadno a ve velmi krátkém čase identifikovat poruchový stav.

Ve chvíli, kdy dojde ke korektnímu spuštění vstupního čerpadla P11, se spouští shrabovací ústrojí, jímž je vybavena každá flotační nádrž v pomocných hospodářstvích. Shrabovací ústrojí slouží k rychlému odstranění částí nečistot a vzniklé pěny nacházející se na hladině. Tyto separované nečistoty jsou pásovým dopravníkem přemístěny do IBC kontejnerů.

Flotační nádrž je složena ze čtyř komor. První tři komory jsou vybaveny shrabovacím ústrojím. Nečistoty obsažené v roztoku jsou buď odstraněny shrabovacím ústrojím, nebo dojde k jejich usazení na dno flotační nádrže a následnému přetečení vod pomocí přepadu do následující nádrže. Kal, který se usadí na dně nádrže je v pravidelných intervalech vypouštěn do kalové nádrže T15. Odstranění kalu ze dna nádrže je prováděno za pomoci čtyř nezávislých řízených ventilů. Tyto ventily jsou, stejně jako již zmiňovaná vstupní a výstupní šoupata, vybaveny mechanickými snímači poloh.

Jak je zřejmé z modelu flotační nádrže, je nutné vypouštěcí ventily otevírat postupně. Pokud bychom otevřeli všechny ventily současně, nikdy bychom nedocílili kompletního odstranění usazeného kalu. Proto je tedy nutné začít s otevíráním ventilu, jenž patří k nejméně zanesené flotační komoře. Touto komorou je logicky komora poslední. Tudiž ventily se budou postupně otevírat od posledního k prvnímu. Otevírat se budou ale s daným časovým rozestupem. Jakmile budou veškeré ventily

otevřeny, nastane proces uzavírání. Uzavírání se provádí ve stejném pořadí jako otevírání i s časovými prodlevami. Opět, jakmile dojde k překročení časového intervalu pro zavírání či otevírání ventilu, je tento stav vyhodnocen jako vážná chyba a je nutný zásah obsluhy. Pokud by se tento stav ignoroval došlo by k následující situaci:

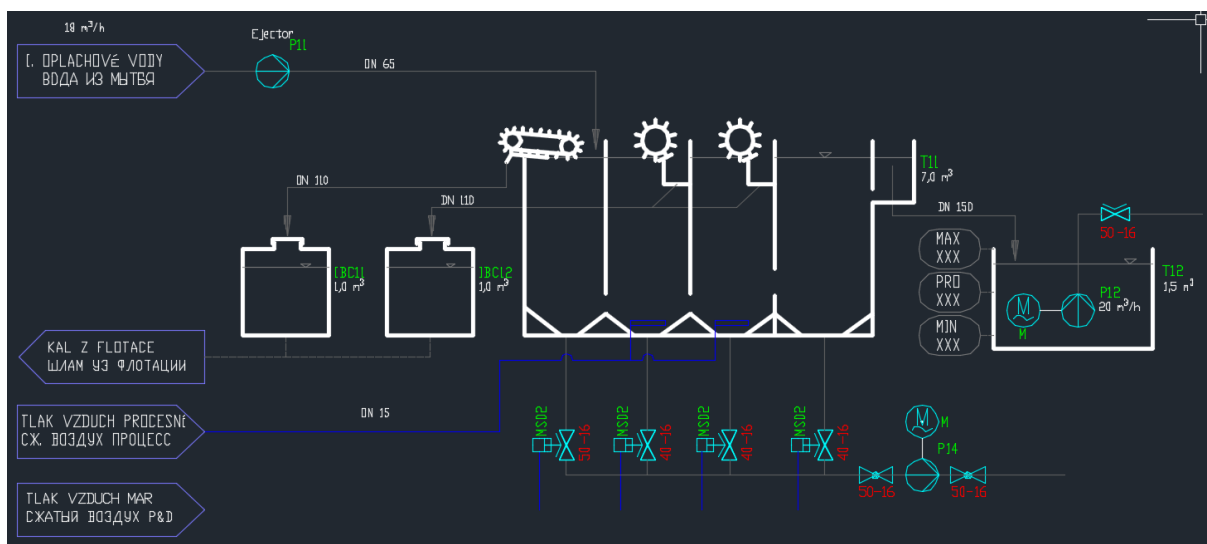
Kapalina obsažená ve flotační nádrži by díky gravitaci překonala kalové čerpadlo P14 a veškerý obsah nádrže T11 by putoval do kalové nádrže. To by mělo za následek přetečení. Což je naprosto nežádoucí situace u této nádrže a nesmí nastat.

Ke správnému odstranění usazeného kalu se využívá aerace. Jedná se o využití tlakového vzduchu, který je vypouštěn ze dna nádrže a nadzvedává kal, tak aby nemohlo dojít k ucpání vypouštěcího potrubí a ventilů. Aerace je prováděna v časové smyčce v závislosti na právě zpracovávaném kalu.

Jakmile dojde k naplnění flotační nádrže, dochází k úmyslnému přetečení kapaliny přepadem v poslední flotační komoře. Tímto přepadem se dostává odsazená kapalina do nádrže T12. Tato nádrž, je vybavena třemi snímacími prvky hladiny kapaliny v nádrži a ponorným čerpadlem. Jedná se o snímání hladin:

- Maximální
- Provozní
- Minimální

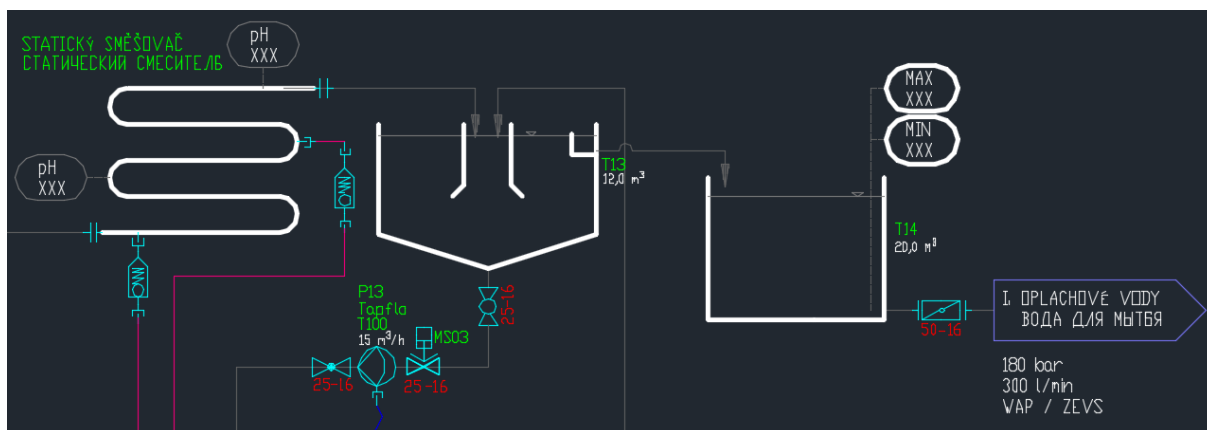
Maximální hladina slouží k odstavení chodu vstupního čerpadla P11. Pokud je v nádrži T12 dosaženo maximální úrovně hladiny, nelze vstupní čerpadlo spustit. Jako další je zde provozní hladina, jakmile hladina kapaliny v nádrži T12 dosáhne provozní úrovně, spustí se ponorné čerpadlo P12. Které následně transportuje odsazenou kapalinu přes statický směšovač do usazovací nádrže T14. Přecherpávání kapaliny přetrvává do té doby, dokud snímač minimální úrovně hladiny nenahlásí informaci o nedostatku kapaliny v nádrži T12. Tento snímací prvek slouží i jako ochrana chodu čerpadla na sucho.



Obrázek 3 Čtyřkomorová flotační nádrž I. pomocné technologie

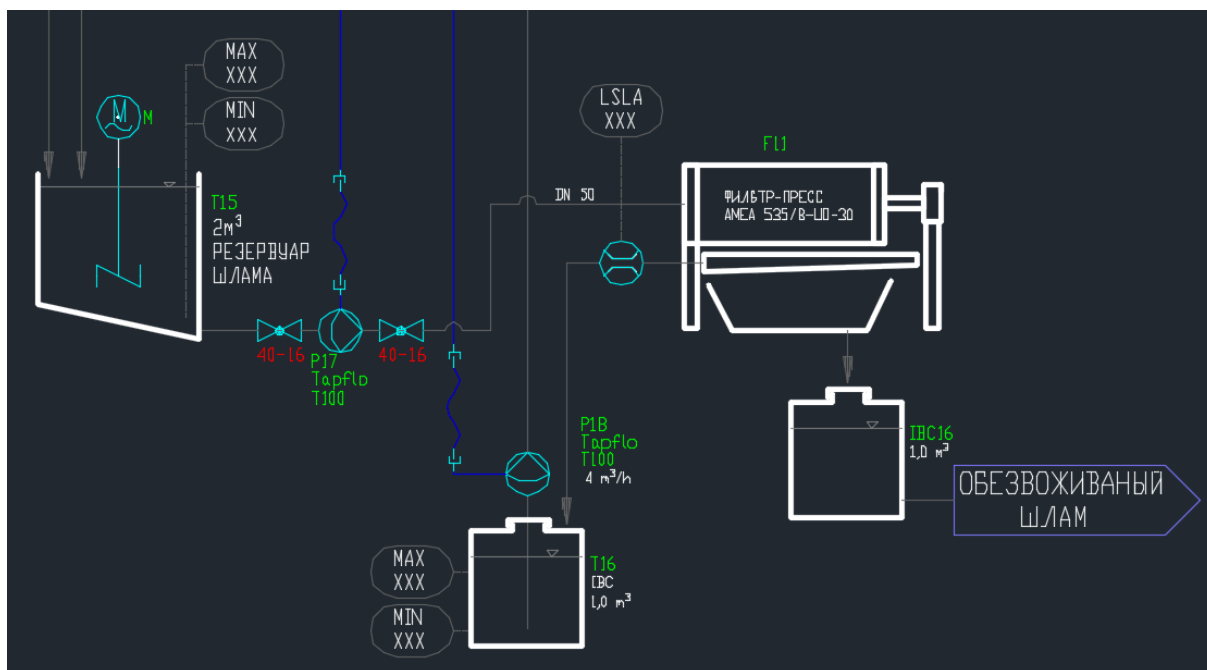
Jak již bylo v minulém odstavci zmíněno, v potrubní trase mezi nádržemi T12 a T14 se nachází statický směšovač, který je zde zasazen z důvodu odstranění drobných nečistot a nežádoucích látek, jež nebyly odstraněny v předchozí flotační nádrži. Jedná se například o tuky, řasy atd.. Jeho činnost je následující:

V první části procesu je požadováno, aby pH kapaliny bylo sníženo na hodnotu 4 – 4,5. Těchto hodnot dosáhneme dávkováním síranu železitého ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$). V druhé části je nutné zvýšit hodnotu pH na hodnotu 7,5 – 8, čímž dosáhneme neutralizace kapaliny. Opět je zde využito dávkování přídavné chemického roztoku, kterým je vápenné mléko ($\text{Ca}(\text{OH})_2$). Pro dávkování přídavných chemických roztoků je využito PID regulátorů, které využívají analogovou hodnotu z měření pH sond. Veškeré vyhodnocení aktuálního pH je prováděno pomocí skleněných pH sond (Obrázek 4). [17]



Obrázek 4 Statický směšovač I. pomocné technologie

Po opuštění statického směšovače putuje upravený oplachový roztok do usazovací nádrže, kde probíhá usazení zbylých drobných nežádoucích částí. Za pomoci přepadu je upravená oplachová voda gravitačně přemístěna do poslední transportní nádrže, ze které je přesunuta zpět do hlavního technologického procesu. Usazovací nádrž je podobně jako flotační vybavena řízeným ventilem, díky kterému dochází v pravidelných časových intervalech k odpouštění kalu do kalové nádrže. Po naplnění kalové nádrže dochází k plnění kalolisu a následné filtraci kalu. Získaná přebytková voda se vrací zpět do usazovací nádrže (Obrázek 5). Popis kalolisu a jeho funkce bude rozebrán v následující druhé kapitole.



Obrázek 5 Kalolis AMEA 535 I. pomocná technologie

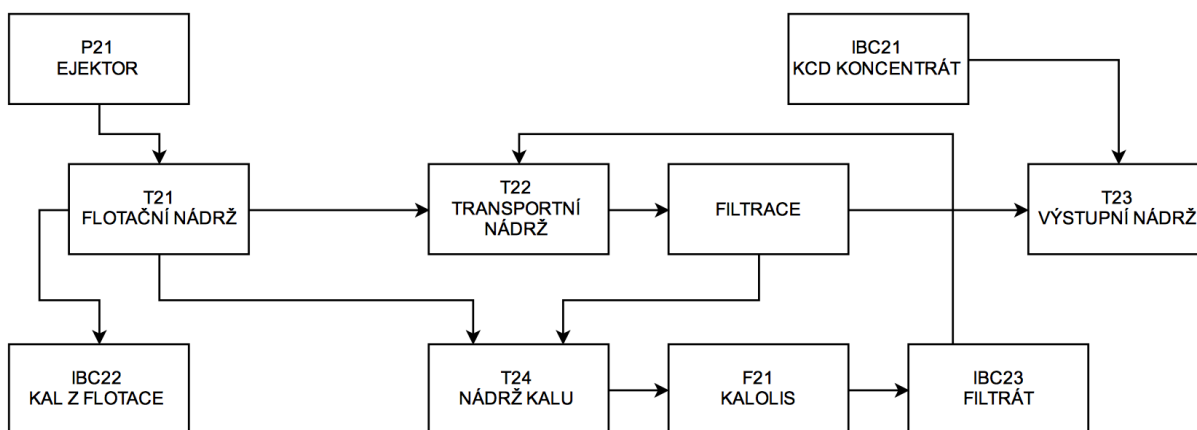
2.2 Roztoky KCD

Po odstranění hrubých nečistot z vrtných tyčí, se přistoupí k druhé části technologické linky s názvem „Roztoky KCD“. V této části technologie je nutné dbát obzvlášť na bezpečnost. A to především, protože krom radioaktivních látek se zde nachází velkým množstvím agresivních kyselin, které spolu tvoří KCD roztoky. Dále se v předem definovaných intervalech v této části technologického procesu vyskytují vysokonapěťové výboje.

Jelikož v této části technologie jsou využity životu nebezpečné prvky, je nezbytné, aby bylo využito několik bezpečnostních opatření. V první řadě je využito krytů a zábran, aby nemohlo dojít ke kontaktu s vysokým napětím nebo KCD roztoky. Dále nádrží musí být řádně uzemněná a pospojovaná s okolními konstrukcemi a akčními členy. Také nádrží nesmí být uzavřená a to z důvodu, aby nedošlo k roztržení pláště nádrže. Tento jev by mohlo zapříčinit pnutí objemu nádrže, jenž je vyvolané při elektrickém výboji. Veškerá obsluha musí být řádně proškolená a vybavena ochrannými pomůckami.

Základní princip této technologické části spočívá v roztržení vazby radioaktivního nános. Během těžby ropy dochází k unikání několika radioaktivních prvků jako je například Radon (Rn). Tyto prvky během průchodu vrtným soustrojím mění své skupenství, dochází totiž k rozpadu plynného ^{222}Rn na izotopy, případně na ^{218}Po (Polonium), které produkuje škodlivé radioaktivní záření α , čímž vytvářejí nános společně s vápníkem na vnějších stěnách vrtného potrubí. Vytvořený nános ve vrtných tyčích je velice odolný a vysoce radioaktivní. [18]

Z toho důvodu nelze využít mechanického odstranění. Tudíž jakmile je vrtná tyč umístěna v nádrži, dochází k vysokonapěťovým výbojům, které vytvoří rázové zvukové vlny. Pro usměrnění těchto vln je nádrž vybavena kolektory. Při součtu těchto akustických vln, jenž se objeví v oblasti tyče, dochází k roztržení vazby nános. Roztoky KCD jsou zde jako podpůrné činidlo. Tuto operaci si lze pro lepší porozumění představit jako rozbíjení ledvinových kamenů ultrazvukem.

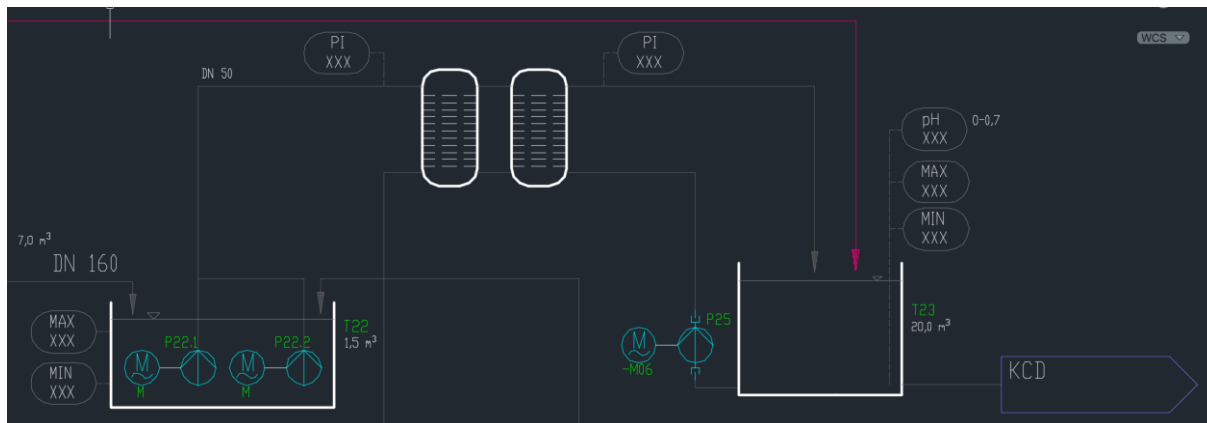


Obrázek 6 Zjednodušené technologické schéma 2. technologie

Po provedení této technologické operace je nezbytné roztok KCD v nádrži průběžně zbavovat nečistot v podpůrném hospodářství, které k této části patří (Obrázek 6). Opět prvním krokem je flotační nádrž se shrabovacím ústrojím, kde dochází k odstranění nejhrubších nečistot. Flotátor je také vybaven čtveřicí vypouštěcích ventilů. Dále je zde zakomponována aerace tlakovým vzduchovým rozvodem.

Jelikož zbylé části nečistoty obsažené v roztoku dosahují velmi malých rozměrů, je k čištění využito dvou sériově zapojených filtrů. První z dvojice filtrů je naplněn velice jemnou frakcí písků (Obrázek 7).

Druhý filtr je naplněn aktivním uhlím. Přesun znečištěných roztoků KCD skrz dvojici sériově zapojených filtrů zajišťuje dvojice paralelně zapojených ponorných čerpadel. Vstupní i výstupní potrubí filtrační části je sledováno za pomoci tlakových snímacích prvků. Informace z těchto tlakových čidel využívá řídicí systém pro plánování promývacích cyklů filtrační části.



Obrázek 7 Filtrace II. pomocná technologie

Jakmile je roztok přefiltrován, je přemístěn do transportní nádrže, kde dochází k chemickému dosycení a následné přečerpání zpět do technologie.

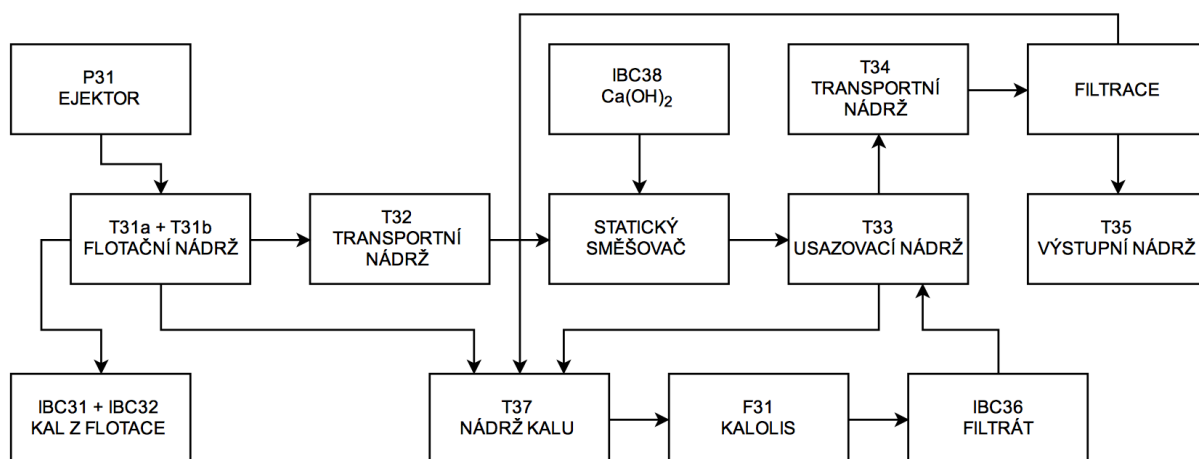
Pro promývání filtrační části je využívána užitková voda, která je hnaná ve filtrech v opačném směru než roztoky KCD. Znečištěná užitková voda z jednotlivých filtrů je vypouštěna do kalové nádrže a následně filtrovaná pomocí kalolisu.

2.3 Kyselé oplachové vody

Předchozí druhá část technologického procesu byla zaměřena k destrukci vazby radioaktivního nános, který se nacházel na povrchu vrtné tyče. Ale stále je nutné veškerý radioaktivní nános odstranit z vrtné tyče a dočistit její stěny. A právě k této operaci je určena tato část čistící linky.

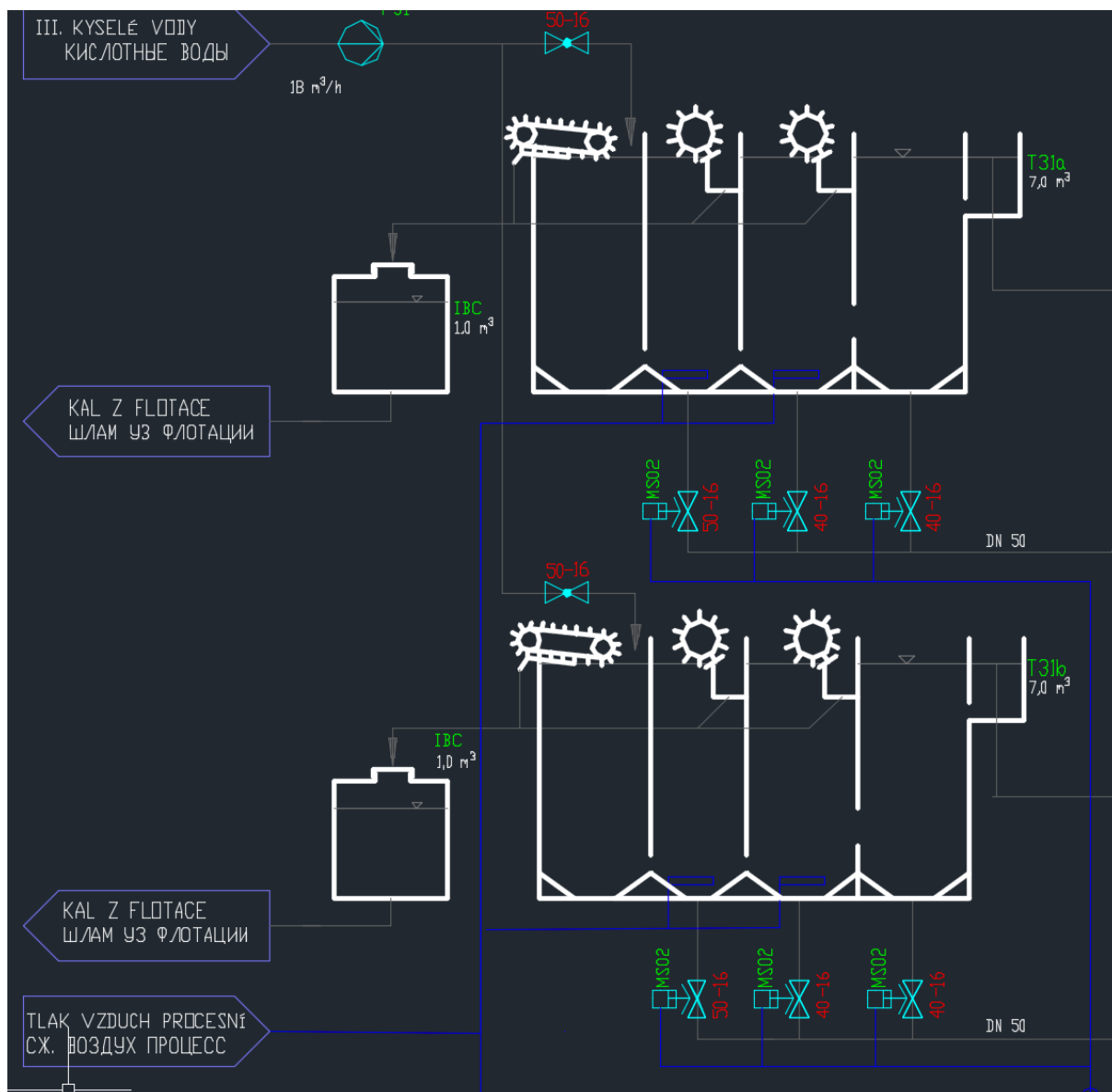
V tomto kroku je nejprve opět vrtná tyč přemístěna do třetí nádrže, kde se nachází opět kyselá lázeň jako v předchozím kroku. Tyč je zde zasunuta do šablony a následně pevně zafixována. Pro vyčištění vnitřního pláště vrtné tyče slouží speciální vrtná soustava. Tato soustava je složena z vrtné hlavy, která je přivařena na duté hřídeli. V plášti této vrtné soustavy jsou implementovány vysokotlaké trysky. A na konci hřídele je připevněn na pohybový mechanismus, jenž vykonává se soustavou rotující a posuvný pohyb a zároveň je zde přiveden výtlač vysokotlakého čerpadla.

Jakmile je vrtná hlava úspěšně zapuštěna do otvoru vrtné tyče, je spuštěno vysokotlaké čerpadlo. Pomocí vysokotlakého ostříku jsou vrtné tyče již zcela očištěny. Opět je nutné znečištěný roztok z tohoto procesu zregenerovat a dosytit, aby dosahoval požadovaných standardů.



Obrázek 8 Zjednodušené technologické schéma 3. technologie

V pomocném hospodářství dochází ke spojení předchozích dvou procesů (Obrázek 8). Na vstupu je využito dvou flotačních nádrží se shrabovacím ústrojím. Tyto flotátory se nacházejí v paralelním zapojení. Důvod této obměny je prostý. Během třetího technologického postupu se vyčistí kompletní vnitřní část vrtné tyče, a vzniká tak obrovské množství vysoce radioaktivního odpadu. Princip činnosti flotačních nádrží i shrabovacích ústrojí je totožný s popisem v první technologii. Rozdíl ovšem nastává ve chvíli, kdy je nutné odpouštět usazený kal ze dna flotačních nádrží. Tato část technologie je navržena tak, že se vyčerpává kal buď z první, nebo druhé flotační nádrže. Proto je nutné na tuto skutečnost myslet při tvorbě řídicího algoritmu (Obrázek 9).



Obrázek 9 Flotační nádrže III. technologie

Také, jako v první technologii, odsazená voda přepadem přetéká do následující transportní nádrže. Nádrž je samozřejmě vybavena snímacími prvky hladin. Snímané hladiny jsou:

- Maximální
- Pracovní
- Minimální

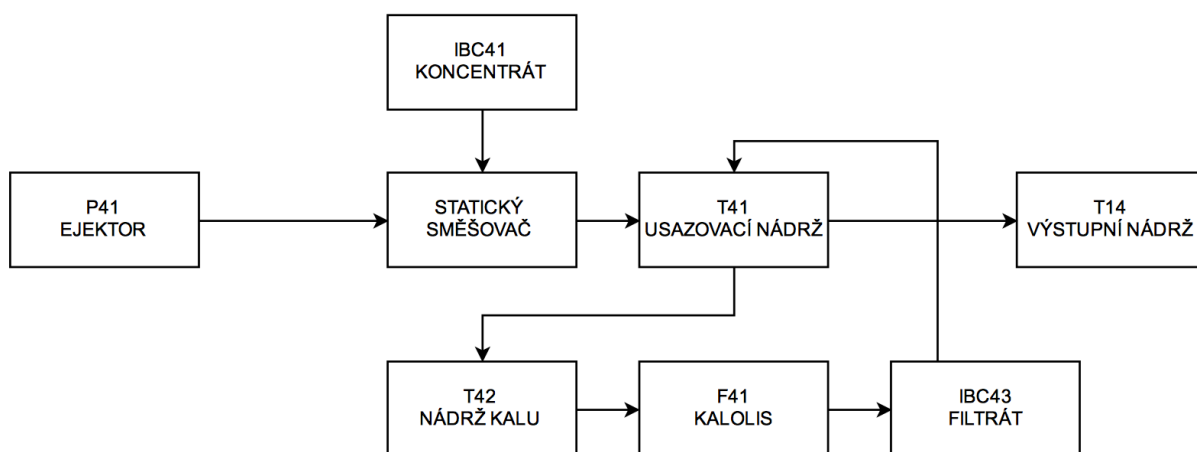
Maximální hladina odstavuje chod vstupního čerpadla, které nám dodává znečištěný roztok z hlavní technologie. Jakmile hladina odsazeného roztoku dosáhne pracovní hladiny, jsou spuštěna ponorná čerpadla, která přečerpávají obsah transportní nádrže do statického směšovače. Dále je s dosažením pracovní hladiny opět povolen chod vstupního čerpadla. Minimální hladina nijak neomezuje chod vstupního čerpadla, ale odstaví chod ponorných čerpadel.

Následně kyselé roztoky putují přes statický směšovač, kde podobně jako v prvním případě dochází k úpravám hodnot pH. Jelikož roztoky, vycházející z třetího stupně technologie, jsou velmi kyselé a tudíž mají velmi nízké pH, stačí pro úpravu roztok síranu železitého ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$). Dalším důvodem je minimalizace spotřeby neutralizačního roztoku. Touto chemikálií je myšleno vápenné mléko ($\text{Ca}(\text{OH})_2$). Veškeré dávkování musí být prováděno na základě informací o stavu skutečného pH. Tudíž je nutné opět statický směšovač vybavit snímacími prvky v daném měřeném rozsahu. [17]

Neutralizovaný roztok je opět odsazen v usazovací nádrži, kde dochází k vločkování. Ale jelikož je v této části technologie velké množství drobných částí je nutné opět využít dvou sériově zapojených vysokotlakých filtrů. První filtr je naplněn praným pískem s jemnou frakcí částic. Obsah druhého filtru je aktivní uhlí. Filtry opět musí být zapojeny tak, aby bylo možné jejich praní, které se provede, uzavřením běžné potrubní trasy technologie a čerpáním technologické vody. Tento krok má za důsledek nadzvednutí a následné vyplavení nečistot z filtru. Kdy je nutné provést praní filtrů je vyhodnocováno z průtoků na výstupu jednotlivých filtrů.

2.4 Pasivace

Jako poslední technologický celek je pasivace. V této části technologického procesu nastává nutná neutralizace vrtných tyčí. Jelikož po celou dobu technologických úprav, byly vrtné tyče vystavovány vysoce kyselému prostředí. Spolu s neutralizací tyčí se provádí nanesení ochranné vrstvy na plášť vrtných tyčí. Regenerace této neutralizační lázně je velice prostá. Je zde využito pouze usazovací nádrže s míchadlem a dávkováním neutralizační chemikálie, kterou je opět vápenné mléko ($\text{Ca}(\text{OH})_2$). Technologie je vybavena pouze ručním kalolismem. Je velký předpoklad, že v těchto místech technologie bude minimum nečistot, proto stačí pouze ruční lis (Obrázek 10).



Obrázek 10 Zjednodušené technologické schéma 4. technologie

Po opuštění tohoto finálního úseku jsou vrtné tyče skládány a srovnávány dle délky na speciálně upravený rošt. Následně dochází ke svázání vrtných tyčí a jejich umístění na kamion. Ten dále odváží tyče zpět k těžbě ropy.

Filtrační lis se skládá z těchto hlavních konstrukčních skupin (Tabulka 1):

Tabulka 1 Konstrukční skupiny kalolisu

Skupina	Popis
Rám	Nosná kostra zařízení.
Filtrace	Sada filtračních desek a plachetek.
Zavírání	Hydraulický válec pro uzavírání a otevírání filtračního lisu
Úkapy	Vany a koryto pro zachycení úkapů z filtračních desek.
Odsun	Mechanicko – hydraulický odsun filtračních desek.
Elektro	Elektrický rozvaděč s ovládacími prvky.
Ostřikovač	Zařízení pro mytí finančních plachetek.

Hydraulický agregát

Hydraulický agregát tvoří kompaktní celek. Základní částí je nádrž s odnímatelným nebo pevným víkem. Na víku je připevněn vertikálně hydraulický pohon, filtr, odvzdušňovací filtr a blok s hydraulickými prvky. Dle potřeby může být na víku umístěn elektrický hladinoměr, termostaty nebo chladič.

Nádrž je svařena z ocelových plechů a tvoří nosnou část hydraulického agregátu. Na čelní stěně nádrže je umístěn vizuální hladinoměr s teploměrem. Ve dně nebo ve stěně nad dnem nádrže je umístěn vypouštěcí otvor. Na noze nádrže je zemnicí místo. Větší nádrže mohou být vybaveny servisním víkem.

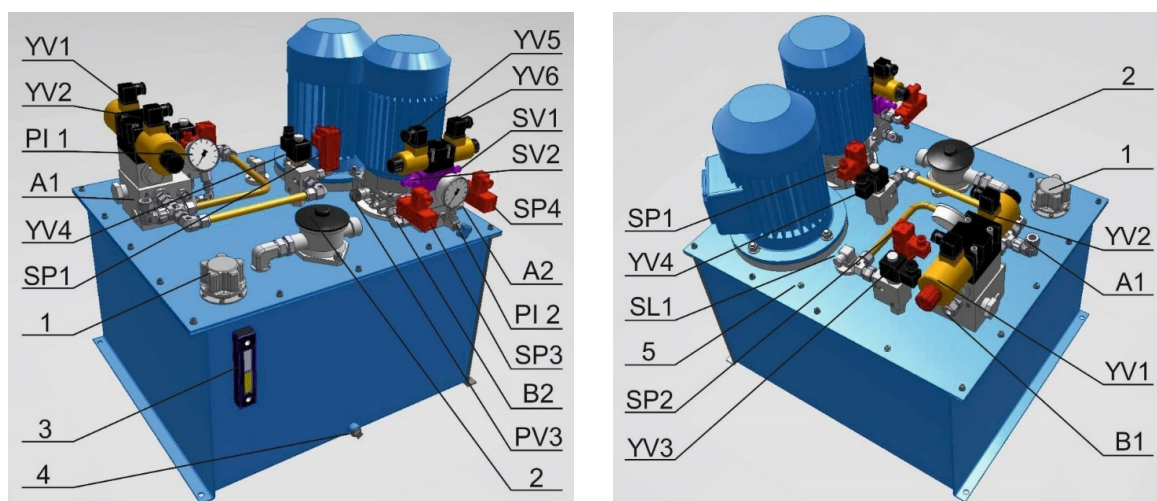
Pohon je tvořen elektromotorem, čerpadlem, pružnou spojkou a upevňovací přírubou. Pohony s konstantními čerpadly do výkonu elektromotoru 7,5 kW jsou umísťovány vertikálně do nádrže, pohony s většími elektromotory jsou připevněny přes pružný kroužek. Pohony s regulačními čerpadly jsou upevněny horizontálně na nádrž na pružných blocích. Elektromotory umožňují použití přepínače hvězda - trojúhelník.

Filtr je dle konstrukce hydraulického agregátu a přání zákazníka použit jako sací, odpadní nebo tlakový, s filtračními vložkami s požadovanou filtrační schopností.

Termostaty jsou používány rovněž na přání zákazníka a při použití chladiče. Zpravidla jsou nastaveny na hlídání minimální teploty (30°C) a maximální teploty (50°C).

Bloky s hydraulickými prvky jsou používány pro zmenšení prostorových nároků hydraulických obvodů, pro zvýšení přehlednosti a snížení možnosti úniku oleje. Vnější plochy těchto bloků umožňují montáž v podélném i výškovém směru. Mají centrální tlakový a odpadní přívod a přívody pro připojení jednotlivých spotřebičů. Na bloku jsou uspořádány hydraulické prvky dle hydraulického schéma (Obrázek 12).

Hydraulický agregát je konstruován zejména k ovládání filtračního lisu s automatickým, hydraulickým odsunem filtračních desek. Agregát má dva samostatné obvody. První slouží k pohonu přímočarého hydromotoru hydraulického válce uzavírání filtračního lisu a druhý obvod složí k pohonu rotačního hydromotoru odsunu filtračních desek.



Obrázek 12 Model hydraulického agregátu

3 Návrh a realizace elektrického zařízení pro provoz regulace

Tato kapitola bude věnovaná výběru vhodných komponent. V první řadě bude rozebrán výběr jisticích prvků. Tyto prvky jsou nutné zakomponovat do zapojení jako první a to z důvodu dodržení bezpečnosti osob a ochrany celé výzbroje rozvodné skříně RMK. Těmito prvky je myšleno:

- Pojistkové odpojovače
- Jističe a proudové chrániče
- Motorové spouštěče

Pojistkový odpojovač bude v zapojení využit pro jištění celé technologie. Dále motorové spouštěče se využijí pro nadproudovou a tepelnou ochranu akčních členů. A nakonec jističe budou využity pro v zapojení spolu s montážními zásuvkami a okruhem měření a regulace.

Dalšími částmi v zapojení budou výkonové prvky. Tyto součásti budou využity pro spínání a ovládání akčních členů. Je nutné stejně jako u předchozí skupiny jisticích prvků dbát na vhodnou konfiguraci. Opět je nutné zdůraznit, o které typy výkonových prvků přesně jde:

- Stykače
- Frekvenční měniče
- Softstartéry

Jakmile je výkonová část schématu takto připravena, je nutné objasnit si, o jaké akční členy v technologii přesně půjde. Jakmile budou známé veškeré potřebné hodnoty akčních členů, je možné dokončit návrh výkonové části zapojení. Typy akčních členů jsou tyto:

- Míchadla
- Čerpadla
- Pohony hydraulických agregátů

V tuto chvíli návrhu již známy akční členy a k nim vybrány vhodné jisticí a výkonové prvky. Z tohoto faktu vyplývá skutečnost, že jsme schopni napájet a ovládat vybrané akční prvky. Stále ale zůstává velkou neznámou, získání informací dle kterých je nutno regulovat a řídit akční prvky. Proto se dále tato kapitola bude zbývat výběrem vhodných snímcích prvků. Veličiny, které je nutné snímat a vyhodnocovat jsou tyto:

- Výška hladiny
- Poloha
- Tlak
- pH
- Teplota

V poslední řadě je nutné vybrat vhodnou řídicí periferii, jenž bude z naměřených hodnot vyhodnocovat akční zásah. Zároveň bude zprostředkovávat obsluhu vizualizaci s aktuálním stavem celé technologie a možností změny požadovaných hodnot. Tuto periferii bude zastupovat průmyslový automat neboli PLC automat.

3.1 Pojistkový odpojovač

V této chvíli je nutné začít s výběrem vhodných komponent, které vytvoří výsledný rozvaděč RMK. Detailní hodnoty jednotlivých jmenovitých příkonů či odebíraného proudu akčními členy stále neznáme, ale z technologických schémat lze odvodit přibližné parametry těchto členů. Tyto informace budou zatím postačující k určení a vymezení intervalu hodnot, v nichž rozvodná skříň bude pracovat. Po důkladném prostudování technologických schémat je možno stanovit pracovní rozsah do intervalu 200 – 300 A. Tento rozsah hlavního jištění nám umožní dostatečnou rezervu pro jakékoliv změny v parametrech akčních členů při jejich návrhu. Na trhu je velké množství výrobců takovýchto pojistkových odpojovačů, ale v této práci se zaměříme na tyto dva výrobce:

- OEZ
- Schneider Electric

Spolu s pojistkovými spodky pojistkových odpojovačů je nutné vybrat vhodné pojistkové vložky. V první řadě je třeba určit konstrukci těchto vložek. Nabízí se dva typy pojistek:

- Válcová
- Nožová

Pokud nahlédneme do katalogových listů válcových pojistkových vložek, zjistíme že jmenovité střídavé napětí se pohybuje v rozsahu 400 až 690V. Vypínací charakteristiky válcových pojistek jsou gG pro všeobecné použití a aM pro jištění akčních členů. Parametr této konstrukce, který nevyhovuje vstupním podmínkám je jmenovitý pracovní proud. Maximální hodnota tohoto parametru dosahuje čísla 125A. S tohoto faktu vyplívá skutečnost, že konstrukce válcových pojistek je pro tento projekt nepoužitelná.

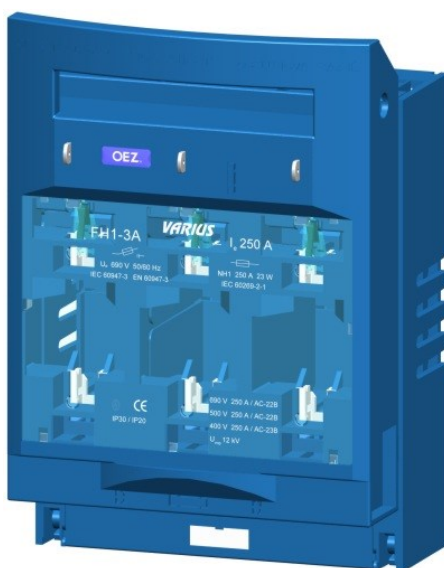
Jelikož válcové pojistky již nelze využít, zbývá nožová konstrukční skupina. Tyto pojistkové vložky dosahují těchto parametrů:

- | | |
|--|----------------------|
| • Jmenovité napětí AC | 500V / 690V |
| • Jmenovité napětí DC | 250V / 440V |
| • Jmenovitý proud | 6 – 1600A |
| • Charakteristika | gG, aM |
| • Jmenovitá vypínací schopnost / AC 500V | 120kA / 100kA |
| • Jmenovitá vypínací schopnost / DC 250V | 50kA |
| • Velikost | 000; 00; 1; 2; 3; 4a |

3.1.1 OEZ VARIUS

Český výrobce OEZ nabízí ve svém výrobním programu pojistkové odpojovače řady VARIUS. V této výrobní řadě nalezneme modely pojistkových odpojovačů FH. Tyto modely umožní jištění rozvaděče v definovaném pracovním rozsahu 200 – 300A. Přesněji, je zde možnost pracovního rozsahu 160 – 630A (Obrázek 13).

Jmenovité pracovní napájení dosahuje hodnoty 630V stejnosměrného či střídavého napětí. Při využití napájecího střídavého napětí 400V může dosahovat jmenovitý podmíněný zkratový proud 120kA. Dále následující parametr, který si zaslouží pozornost, je jmenovitá zkratová zapínací schopnost opět při přírodním napětí 400V AC. Tento parametr dosahuje hodnoty 25 – 30kA. Také je nutné zmínit jmenovité izolační střídavé napětí 1000V. Jako poslední parametr, který při projekci je nutné zohlednit, je hodnota krytí IP. Daná hodnota celkového krytí dosahuje čísla 20 (Tabulka 2).



Obrázek 13 Pojistkový odpojovač OEZ Varius [8]

Tabulka 2 Vlastnosti pojistkového odpojovače Varius [8]

Typ	FH1	FH2
Jmenovitý pracovní proud	250A	400A
Jmenovité pracovní napětí	690V	690V
Velikost	1	2
Velikost pojistkové vložky	1	2
Kategorie užití při AC 400V	AC-23B	AC-23B

3.1.2 Schneider electric TeSys GS

Výrobce Schneider electric, který je dominantním výrobcem veškerých elektro periférií pro tvorbu elektroinstalace, má ve svém programu i pojistkové odpínače odpovídající našim požadavkům. Výrobní řada, která splňuje výše vypsané očekávání nese název TeSys GS (Obrázek 14).

Vlastnosti vybraných modelů této výrobní řady jsou naprosto totožné s pojistkovými odpojovači od výrobce OEZ. Ovšem tyto pojistkové odpínače výrobce Schneider electric, vlastní pár doplňků navíc. Především jde o tyto položky (Tabulka 3):

- Výkonový vypínač, který je integrován přímo v těle odpojovače.
- Pomocné kontakty, pro snímání sepnutého či rozepnutého stavu odpojovače.
- Snímání stavu pojistek.



Obrázek 14 Pojistkový odpojovač Schneider electric TeSys GS [9]

Tabulka 3 Vlastnosti pojistkového odpojovače TeSys GS [9]

Typ	GS2NG3	GS2QQ3
Jmenovitý pracovní proud	250A	400A
Jmenovité pracovní napětí	690V	690V
Velikost	1	2
Velikost pojistkové vložky	1	2
Kategorie užití při AC 400V	AC-23B	AC-23B

3.2 Jistící prvky

První hardwarové komponenty, které je zapotřebí vybrat jsou jistící prvky. Při výběru jistících prvků bylo uvažováno ze dvou předních výrobců: Schneider Electric a OEZ. Jistící prvky jsou nezbytnou součástí, bez které nelze realizovat jakýkoliv řídicí aparát. Je nesmírně důležité dbát na bezpečnost osob, které se v blízkosti daných součástí ovládacího mechanismu pohybují. Pro korektní provedení správného jištění je zapotřebí dodržet standardy popisující normou ČSN 33 2000-4-41 ed. 2. Hlavní důraz při výběru vhodné modelové řady jistících prvků byl kladen na čtyři základní parametry:

1. Jmenovitý proud
2. Jmenovitá zkratová schopnost pro obvody AC
3. Jmenovitá mezní zkratová vypínací schopnost pro obvody DC
4. Maximální možný průřez vodičů

3.2.1 OEZ

Z katalogu výrobce OEZ byla vybrána řada jistících prvků LTN (Obrázek 15). Tato nová řada nabízí varianty jistících prvků se jmenovitým proudem v rozmezí od 0,3 až 80A. Oproti staré výrobní řadě došlo ke zvýšení rozsahu o 17A (Tabulka 4). Předchozí řada umožňovala omezenější pracovní rozsah 0,2 až 63A. Jmenovité zkratovací schopnosti zůstávají stejné s předchozí řadou. A to na běžně využívané hodnotě 10kA. Obrovským přínosem je zvětšení připojovacích otvorů. Původní řada umožňovala připojení pevných vodičů pouze s maximálním průřezem 25mm², což bylo v některých průmyslových aplikacích velmi limitující. Nyní k nové řadě LTN můžeme připojit pevný vodič o maximálním průřezu až 35mm². Obrovskou výhodou všech výrobků české značky OEZ je její dostupnost. Valná většina velkoobchodů v Česku má dostatečné zásoby všech možných variant těchto výrobků.



Obrázek 15 Jistič 1P OEZ [10]

Tabulka 4 Vlastnosti jističů OEZ [10]

Vlastnosti	Hodnoty
Charakteristika vypínací	B, C, D
Jmenovitý proud	0,3 - 80 A
Jmenovité pracovní napětí AC	230/400 V AC
Jmenovité pracovní napětí DC	220/440 V DC
Jmenovitá zkratová schopnost / 230 V AC	10 kA
Jmenovitá mezní zkratová vypínací schopnost / 220/440 V DC	10 kA
Jmenovitá provozní zkratová vypínací schopnost / 220/440 V DC	100 % Icu
Krytí	IP20
Počet pólů	1, 1+N, 2, 3, 3+N
Vodič tuhý max.	35 mm ²

3.2.2 Schneider Electric

Společnost Schneider Electric nabízí velice zajímavou modelovou řadu jisticích prvků Acti9 iC60 (Obrázek 16). Tato modelová řada také splňuje základní podmínku jmenovitého maximálního proudu 63A. Dále pro využívané napětí 230V AC se vypínací schopnost jisticího prvku vyšplhala na trojnásobnou hodnotu proudu oproti předchozímu modelu LTN od výrobce OEZ. Podobně jako u předchozího jisticího prvku je velmi výhodná hodnota maximálního průřezu tuhého vodiče, který lze připojit k jisticímu prvku. Tato hodnota dosahuje 35mm². Krytí IP celého prvku má hodnotu 20.

Velmi kladný aspekt modelové řady Acti9 od výrobce Schneider Electric je obrovská nabídka doplňků a příslušenství, které lze využívat v zapojení s touto modelovou řadou. K nabídce jsou například elektroměry, kombinované jističe s proudovým chráničem atd. Vlastnost, která je v mnoha aplikacích opomíjená je jištění obvodů měření a regulace. V těchto obvodech nalezneme z velké míry 24V DC, z čehož je logické, že například předchozí jisticí prvky LTN nelze využít pro ochranu těchto obvodů. Takovýto jisticí prvek lze využít pouze jako vypínací prvek. Naopak tato řada Acti9 iC60 od výrobce Schneider Electric nabízí i variantu pro jištění bezpečného stejnosměrného napětí 24V (Tabulka 5). [7]



Obrázek 16 Jistič 3P Schneider electric [11]

Tabulka 5 Vlastnosti jističů Schneider electric [11]

Vlastnosti	Hodnoty
Charakteristika vypínací	B, C, D
Jmenovitý proud	1 - 63 A
Jmenovité pracovní napětí AC	230/400 V AC
Jmenovité pracovní napětí DC	24 V DC, 220/440 V DC
Jmenovitá zkratová schopnost / 230 V AC	30 kA
Jmenovitá mezní zkratová vypínací schopnost / 220/440 V DC	15 kA
Jmenovitá provozní zkratová vypínací schopnost / 220/440 V DC	100 % Icu
Krytí	IP20
Počet pólů	1, 1+N, 2, 3, 3+N
Vodič tuhý max.	35 mm ²

3.2.3 Zhodnocení a výběr jisticích prvků

Nyní je nutné zvolit vhodné jisticí prvky pro sestavení hlavní rozvodní skříně RMK. Co se týče pojistkových odpojovačů, rozhodnutí bylo snadné. Zvolen byl pojistkový odpojovač TeSys GS od výrobce Schneider electric. Přesněji řečeno, osazený model vlastní výrobní číslo GS2NG3. K rozhodnutí přispěla skutečnost, že v těle pojistkového odpojovače jsou integrovány pomocné kontakty a výkonový vypínač, což u výrobce OEZ nenalezneme. V tuto chvíli, kdy budeme mít tyto dva výkonové prvky v jednom těle, ušetříme část silové kabeláže. V některých instalacích tento odpojovač může být nevýhodou a to z důvodu zabíraného místa, ale v našem případě o místo v silové části není nouze.

Složitější rozhodování nastalo v případě řadových jisticích prvků. Výrobce OEZ díky nové výrobní řadě LTN dosáhl na stejné, ne-li o málo lepší parametry než Schneider electric s modelovou řadou Acti9.

Rozhodujícím faktorem tedy opět byl soubor nabízených příslušenství a rozšíření k daným modelovým řadám. A právě nabídka výrobce OEZ je velmi omezená oproti Schneider electric. Z tohoto důvodu byl opět vybrán výrobce Schneider electric s modelovou řadou Acti9 iC60.

3.3 Snímací prvky

Tato kapitola je rozdělena do pěti jednotlivých podkapitol. V těchto kapitolách bude podrobně rozebrán výběr jednotlivých snímacích prvků nabízených dnešním trhem. V tomto projektu je nutné snímat tyto veličiny:

- Hladina
- Poloha
- pH
- Tlak
- Průtok

Jakmile budou rozebrány vlastnosti jednotlivých snímačů výše zmíněných veličin, přijde na řadu konečný výběr daných prvků pro specifické umístění.

3.3.1 Snímání hladin

V této podkapitole je nutné rozebrat klady a minusy trhem nabízených snímačů hladin. Nároky na snímače jsou rozdílné dle umístění. Každá nádrž, ve které je snímání hladin, má své specifické nároky. Těmito požadovanými hlavními parametry je myšleno:

- Napájení snímacího prvku
- Typ výstupního signálu
- Měřený rozsah
- Chemická odolnost
- Typ připojení
- Krytí IP

Na závěr této kapitoly bude celkové zhodnocení parametrů veškerých snímacích prvků a následné vybrání vhodných snímačů do jednotlivých nádrží.

NIVELCO NIVOFLOAT

Jedná se o zcela jednoduchý plovákový spínač (Obrázek 17), který je naprosto ideálním levným řešením pro snímání hladin u většiny kapalin. Velmi často je osazován do nádrží s čistými, průmyslovými či odpadními vodami. Tímto spínačem lze snadno vybavit jakékoliv čerpadlo jako ochranu proti chodu naprázdno. Princip vnitřního spínače je možné si představit jako obyčejný přepínač. Pouzdro snímače NIVOFLOAT je zhotoveno z dvojitého polypropylenového pláště, který již obstál velmi obstojně v několika náročných provozech. Například snímání minimální hladiny v jímce obsahující koncentrát z kyseliny chlorovodíkové v neutralizační stanici.

Vně pláště se nachází bezrtuťový spínací mechanismus, jenž je schopen spínat již pod úhlem 45°. Životnost spínacího mechanismu, který je obsažen v daném plovákovém snímači hladin, dosahuje hodnoty 10⁷ sepnutí, což umožňuje velice dlouhou životnost tohoto snímače hladiny. Instalace do nádrží, ve kterých je zapotřebí snímání požadovaných hladin, je velice snadné. Buď to je možné využít závaží dodávaného spolu s plovákovým snímačem, anebo je vhodné využít vhodné trubky, kterou bude provlečen přírodní kabel (Tabulka 6). [7]



Obrázek 17 Plovák NIVOFLOAT [12]

Tabulka 6 Vlastnosti plováku NIVOFLOAT [12]

Vlastnosti	Hodnoty
Napětí	250 V ac / 24 V dc
Maximální proudové zatížení kontaktů	16 A
Maximální teplota média	+50 °C
Maximální tlak	0,1 MPa
Krytí	IP68
Materiál plováku	Polypropylen
Maximální počet sepnutí	10 ⁷
Objem plováku	430 cm ³

HONEYWELL LRNH31S42

Výrobní řada LRN (Obrázek 18) plovákových snímačů od výrobce Honeywell se vyrábí ve variantách vodorovných, svislých a pravoúhlých. Plovákový spínač nabízí dle potřeb koncového uživatele možnost nastavení spínacího nebo rozpínacího kontaktu. Univerzální montážní souprava, která je dodávána v balení plovákového spínače umožňuje snadnou vnitřní nebo vnější montáž. LRNH31S42 je schopen snímat změny hladiny v kapalině o hustotě od 650 kg/m³ výše. Nesmírnou výhodou tohoto snímače je malé rozměry. Z čehož vyplývá, že je možné jej využít u aplikací, kde není mnoho místa k potřebné manipulaci při montáži snímače. Zároveň je tento snímáčí prvek nevhodné využít pro snímání zvířených hladin. Jako příklad, kde není vhodné umístit jakýkoli snímáčí prvek Honeywell z výrobní řady LRN, může být nádrž obsahující míchadlo. V okamžiku, kdy dochází ke zvíření hladiny, nastává problém, a to z důvodu, že plovák plovákového snímače bude zvířenou hladinou kapaliny neustále přepínán ze stavu sepnutého do rozepnutého. Tato situace se dále projeví jako neustálé spínání a rozpínání ovládacího stykače pohonu motoru. To má za následek zbytečné opalování kontaktů stykače. Z toho důvodu je nevhodné využívat konstrukci plovákových snímačů hladin pro zvířené a neklidné hladiny snímaných kapalin (Tabulka 7). [7]



Obrázek 18 Plovákový snímač HONEYWELL LRNH31S42 [7]

Tabulka 7 Vlastnosti HONEYWELL LRNH31S42 [7]

Vlastnosti	Hodnoty
Napětí	250 V ac / 24 V dc
Maximální proudové zatížení kontaktů	1 A
Maximální teplota média	+110 °C
Minimální teplota média	-30 °C
Krytí	IP68
Materiál plováku	Polypropylen
Jmenovitý stejnosměrný výkon kontaktu	15 W
Maximální rozepínatelné napětí AC / DC	300 / 800

NIVELCO RCM-400-1

Dalším zástupcem, reprezentující společnost NIVELCO (Obrázek 19), je vibrační snímač RCM-400-1. Tento snímač neobsahuje žádnou pohyblivou část jako je to u předchozích snímačů LRN nebo NIVOFLOAT. Využívá ke snímání hladin pouze nerezovou vidlici, která může dosahovat délky až 3 metrů. Díky nepohyblivým částem je tento vibrační snímač ideální pro snímání hladin v nádobách např. spolu s míchadlem nebo průtokem v potrubí. Z důvodu nerezového pláště jej lze využít do agresivních a výbušných prostředí. Samotná elektronika snímače nám umožňuje různé varianty výstupů a nastavitelnou citlivost samotného snímače. Jako nejpoužívanější varianty, které vychází elektronika snímače nabízí je přepínání spínacího a rozpínacího kontaktu. Nebo výběr polarity signálu. Umožňuje ovládání za pomoci kladného nebo záporného pólu stejnosměrného napětí. RCM-400-1 nabízí pouze boční instalaci do nádrží. Proto je nezbytně důležité při montáži věnovat pozor správnému umístění těsnění, které se navléká na palcový závit umístěný za vibrační vidlicí. Výrobce ve svých technických údajích nabízí délku vibračních vidlic od rozměru 69mm až po délku 3000mm (Tabulka 8). [7]



Obrázek 19 NIVELCO RCM-400-1 [7]

Tabulka 8 Vlastnosti NIVELCO RCM-400-1 [7]

Vlastnosti	Hodnoty
Napětí	250 V ac / 24 V dc
Maximální tlak	40 bar
Maximální teplota média	+130 °C
Minimální teplota média	-40 °C
Krytí	IP68
Materiál pláště	Nerez
Délka sond	69 - 3000 mm
Výstup	PNP nebo NPN

3.3.2 Snímání polohy

Snímání polohy je v pomocných hospodářství velice často využívaná věc. V první řadě je nutné vybavit kalolis snímáním jednotlivých poloh, aby jej bylo možné pomocí programovatelného automatu řídit. Dále snímače poloh lze využít jako bezpečnostní prvky, které indikují přítomnost obsluhy v životu nebezpečné zóně. A v poslední řadě je nutné, aby na elektricky ovládaných ventilech či šoupatech potrubních tras bylo snímání poloh. Z důvodu správné diagnostiky a vyhodnocení aktuálního stavu technologické soustavy je tato informace velice důležitou. U snímacích prvků polohy se zaměříme především na tyto parametry:

- Připojovací rozhraní
- Napájecí a spínané napětí
- Dosah
- Stupeň krytí
- Provozní podmínky

BALLUFF BES02E0

Jako prvním reprezentantem ze skupiny snímacích prvků polohy je modelová řada BES (Obrázek 20) od výrobce Balluff. Tyto snímače jsou v průmyslových aplikacích velice oblíbené především díky své odolnosti vůči okolnímu prostředí.

Jelikož se jedná o indukční snímač, pracuje zcela bezkontaktně. Tato skutečnost má nesmírnou výhodu například oproti mechanickým koncovým spínačům. Jelikož nedochází k žádnému opotřebení. Ovšem nalezneme zde i jistá omezení. Indukční snímač nelze využívat v místech, kde by například mohlo dojít ke styku kovových špon při obrábění. Kovová špona, jenž by zůstala na těle snímače, by způsobila jeho neustálý sepnutý stav, čímž by došlo k naprostému zkreslení celého měření.



Obrázek 20 BALLUFF BES02E0 [13]

Dalším aspektem, který je nutné brát v úvahu, je měřený maximální dosah. Indukční snímače nelze provozovat na větší vzdálenosti jako ultrazvukové či radarové snímače. Indukční snímač je nutné umístit do těsné blízkosti s měřeným objektem. V tomto případě je měřený maximální dosah 10 mm (Tabulka 9).

Tabulka 9 Vlastnosti indukčního snímače Balluff BES02E0 [13]

Vlastnosti	Hodnoty
Napětí	10 V ac / 30 V dc
Signálové kontakty	NO / NC
Maximální teplota	+85 °C
Minimální teplota	-40 °C
Krytí	IP68
Materiál pláště	Nerez
Dosah	10 mm
Výstup	PNP

SICK deTec2 Core

Mezi snímacími prvky polohy, existuje více druhů snímání. Krom indukčních nebo mechanických snímacích prvků, lze nalézt na trhu i optické snímače. Jedním ze zástupců je například modelová řada deTec2 Core od výrobce SICK (Obrázek 21). Jedná se o světelnou závoru. Kde celý snímací prvek je složen z vysílače a přijímače. Velmi často se tento snímací prvek využívá jako doplněk bezpečnostních okruhů. Ale lze jej využívat i při jiných činnostech.



Obrázek 21 SICK deTec2 Core [14]

Vysílač a přijímač světelné závory musí být přesně nastaveny naproti sobě. Pokud dojde k vychýlení jednoho z prvků, tak celé měření vykazuje chybový stav. Proto je vhodné, aby závory byly umístěny na samostatných držácích. Protože, pokud budou umístěny přímo na zařízení, budou přenášeny veškeré

vibrace zařízení na světelné závory. Což vede k následným problémům při vyhodnocování signálů (Tabulka 10).

Tabulka 10 Vlastnosti SICK deTec2 Core [14]

Vlastnosti	Hodnoty
Napětí	24 V dc
Signálové kontakty	NO / NC
Maximální teplota	+55 °C
Minimální teplota	-30 °C
Krytí	IP68
Materiál pláště	Hliník
Dosah	10 m
Výstup	PNP

3.3.3 Zhodnocení a výběr snímacích prvků

Po prostudování snímacích prvků poloh, docházíme k poznání, že v projektu pomocných hospodářství budou využity oba snímací prvky. Indukční snímače využijeme pro vyhodnocení stavu kalolisu. Jelikož kalolis nepatří mezi obráběcí stroje, a nehrozí žádný výskyt železných nežádoucích částí, činnost snímacích prvků na kalolisu bude bezproblémová.

Světelné závory nakonec budou využívány pro doplnění bezpečnostních okruhů. A zvýšené ochrany u kalolisů. Z důvodu ochrany obslužného personálu je nutné vybavit každý kalolis světelnými závorami.

3.4 Řídicí systém

V poslední kroku je nutné vybrat řídicí programovatelný automat. Hlavním aspektem, který je nutné vzít v potaz, je počet vstupních a výstupních signálů, které je nutné zpracovat. Krom množství zpracovávaných signálů je nutné i dbát na typ signálu. Typy signálů:

- Digitální
- Analogové

Dále je vhodné zamyslet se nad otázkou komunikace s nadřazeným systémem. Velice oblíbenou a často využívaným protokolem v průmyslu je PROFINet. K tomuto protokolu bude směřovat i naše konfigurace řídicího systému.

Řídicí automat je nutné vybavit vizualizační periferií. Nabízí se buď průmyslový displej, nebo velká vizualizace typu SCADA. Dle nabízených aspektů bude nutné vybrat vhodnou variantu HMI (Human Machine Interface).

3.4.1 Siemens 1212C DC/DC/RLY

Řídicí jednotka od výrobce Siemens výrobní řady 1200 (Obrázek 22) je velice oblíbená pro ovládání výrobních procesů v mnoha různých průmyslových odvětvích. Výrobní řada 1200 nabízí velice pestrou škálu možností využití. Díky velké oblibě v používání této modelové řady v průmyslu je snadná dostupnost instrukcí a postupů jak vytvořit rychle a elegantně řídicí algoritmus. Základní sestava řídicího modulu typu 1212C DC/DC/RLY nabízí 8 digitálních vstupů pro možné připojení spínacích prvků, jako například jsou ovládací tlačítka na dveřích rozvaděče RMK nebo výše zmiňované snímače hladin.

Po přivedení vstupních signálů, jenž definují stav regulované soustavy, je zapotřebí digitálních výstupů, kterými bude možné ovládat akční členy. U tohoto modelu zde nacházíme 6 digitálních výstupů, které mohou sloužit pro sepnutí spínacích prvků, např.: ovládacích cívek relé nebo stykače. Jako poslední položky na svorkovnicích se nachází 2 analogové vstupy sloužící k připojení např.: snímačů tlaků. Napájení celého PLC a jednotlivých výstupních svorkovnic je realizováno za pomoci stejnosměrného napětí o hodnotě 24 V. Paměť pro uložení řídicího algoritmu dosahuje hodnoty až 75 KB. Řídicí algoritmus lze vytvořit v programu S7 TIA, jenž je vytvářen firmou Siemens a za poslední roky získal bohatou zákaznickou podporu (Tabulka 11). [7]



Obrázek 22 Siemens 1212C DC/DC/RLY [15]

Tabulka 11 Vlastnosti Siemens 1212C DC/DC/RLY [15]

Vlastnosti	Hodnoty
Napětí	24 V dc
Digitální vstupy	8
Digitální výstupy	6
Analogové vstupy	2
Paměť	75 KB
Ethernet	1
Komunikační protokol	TCP/IP

3.4.2 Unitronics UniStream 10.4“

Dalším zástupcem mezi řídicími automaty je UniStream (Obrázek 23) od amerického výrobce Unitronics. Tento PLC automat je v zásadě jiný oproti jiným řídicím jednotkám. Jeho zvláštnost spočívá v tom, že již v základním sestavení tvoří CPU a vizualizační displej jeden prvek. UniStream je dostupný ve třech variantách úhlopříčky HMI (Tabulka 12):

- 7“
- 10.4“
- 15.6“

Ovšem na této jednotce nenalezneme jediný digitální vstup či tranzistorový nebo reléový výstup, jako je to například na průmyslových automatech značky Siemens. Jediné porty, které jsou zde umístěny, jsou dva ethernetové. Potřebné přídatné moduly s digitálními vstupy a výstupy jsou spojeny speciální sběrnici. Pro vytvoření řídicího algoritmu slouží zdarma stažitelné vývojové prostředí UniLogic .



Obrázek 23 Unitronics UniStream 10.4" [16]

Tabulka 12 Vlastnosti UniStream 10.4“ [16]

Vlastnosti	Hodnoty
Napětí	12 / 24 V dc
Digitální vstupy	-
Digitální výstupy	-
Analogové vstupy	-
Paměť	1 MB
Ethernet	2
Typ HMI panelu	TFT
Krytí	IP66

3.4.3 Zhodnocení a výběr řídicího systému

Nyní po rozebrání předních vlastností dvou známých zástupců průmyslových automatů, je nutné zvolit řídicí jednotku pro tento projekt. První řadě je nutné zjistit dostupnost výše zmíněných automatů. Nelze osadit rozvodnou skříň řídicí jednotkou, která bude špatně dostupná. Odvíjí se od toho jak samotná výroba rozvodné skříně, ale i servis či reklamace případné závadné části celé jednotky. V tomto ohledu obě jednotky splňují tento základní aspekt. Jsou velice snadno dostupné na našem českém trhu.

Dále je vhodné, zjistit jaký bude využit nadřazený systém. Je pochopitelné, že zákazník bude požadovat dodržení jednoho výrobce řídicích jednotek. Již logicky tímto aspektem je na sebe navázáno spousta aspektů. Jako příklad můžeme uvést:

- Vzájemná kompatibilita.
- Pouze jedno vývojové prostředí.
- Snadnější servis řídicích jednotek.

Po komunikaci se zákazníkem bylo zjištěno, že veškeré nadřazené systémy jsou od značky Unitronics. Tento aspekt velice podněcuje pro využití modelové řady UniStream.

Následujícím faktorem jsou dostupné přídavné signálové karty. V tomto ohledu výrobci Siemens a Unitronics mají velice podobné výrobky, ať již vlastnostmi tak počtem signálových vstupů a výstupů. Jako dalším důležitým prvkem pro realizaci je ethernetový konektor. Tento konektor bude sloužit pro připojení do průmyslové sítě založené na protokolu PROFINet. Tato síť je zde kvůli komunikaci mezi jednotlivými řídicími jednotkami. V tomto ohledu opět obě varianty PLC automatů vlastní již v základním sestavení minimálně jeden ethernetový konektor.

Jako poslední aspekt je vývojové prostředí. Firma Siemens využívá pro většinu svých výrobků, krom LOGO!, softwarový nástroj TIAPortal. Tento program je zpoplatněn, ale za to nabízí širokou škálu nástrojů a možností vývoje. Na druhou stranu výrobce Unitronics, dodává bezplatně stažitelný softwarový nástroj UniLogic. Toto vývojové prostředí je poněkud jednodušší než TIAPortal, což mu v některých případech přidává na přehlednosti. Ovšem na druhou stranu jakmile začneme vytvářet vizualizaci, zjistíme že zde nejsou žádné knihovny s grafickými prvky. Proto nám nezbývá nic jiného než si zakoupit již hotové grafické prvky nebo si vytvořit svou vlastní knihovnu grafických značek.

Po dlouhém rozmyšlení byl zvolen jako řídicí prvek UniStream od značky Unitronics. Zásadním aspektem pro toto rozhodnutí bylo, že již nadřazené systémy jsou od stejného výrobce. Nevýhodou je sice absence jakýchkoliv grafických prvků, které budou muset být během realizace vytvořeny.

4 Návrh a implementace řídicího software

Druhá kapitola byla věnována popisu celých technologických celků pomocných hospodářství. Popis se omezoval pouze na vysvětlení základního principu technologie a podružných částí. Následující kapitola je věnována podrobnému popisu doprovázeného diagramy aktivit.

4.1 Flotační nádrž

Jak již bylo zmíněno v druhé kapitole, flotační nádrž je prvním místem v technologickém procesu jednotlivých pomocných hospodářství. Tato kapitola se nyní zaměří na podrobný popis algoritmu, jež ovládá celý první technologický úkon.

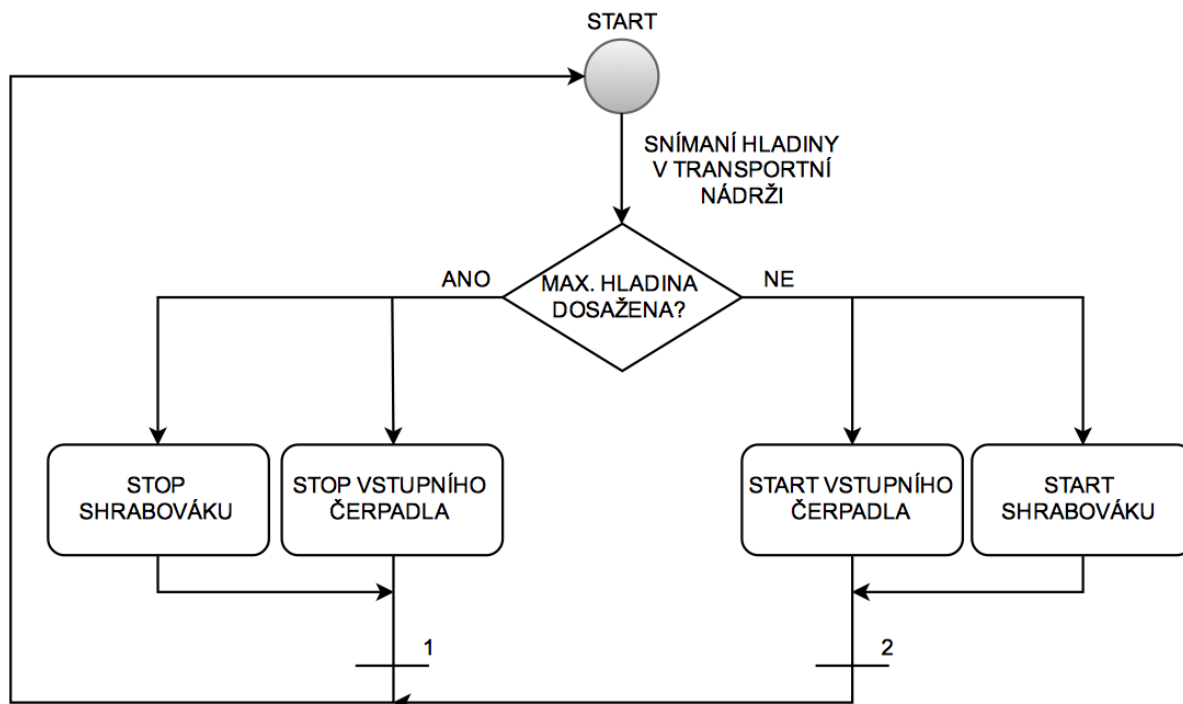
Flotační nádrž je možné si představit jako obyčejnou nádrž, která obsahuje vně nádrže přepážky. Tyto přepážky rozdělují celkovou nádrž na několik samostatných komor. V případě těchto pomocných hospodářství jsou flotační nádrže vždy vybaveny čtyřmi komorami. Dalším faktem, který je nutné zdůraznit, jelikož se týká samotné konstrukce flotační nádrže, jsou zúžená dna jednotlivých komor. Toto zúžení zde není bezdůvodné. Je to proto, že zde bude docházet k obrovskému usazování kalu. Tento kal se v určitých intervalech bude muset odstranit, a z toho vyplývá logický fakt, že pokud by jednotlivé komory měly rovná dna, bylo by takřka nemožné efektivně odstranit veškerý usazený kal. Odstranění kalu se provádí prostřednictvím elektromagnetických ventilů se snímáním poloh. Takovýmto ventilem je osazeno dno každé komory flotační nádrže.

Na horní hranu flotační nádrže je dále umístěno shrabovací ústrojí. Toto zařízení zasahuje do prvních tří komor. Umístěno je tu z důvodu, velkého množství přichozích nečistot, které plavou na hladině. Proto je zde využito shrabovací ústrojí, které odstraní část nečistot okamžitě při vstupu kapaliny do technologie. Také této separaci přispívá princip plnění flotační nádrže. Nádrž je rozdělena do jednotlivých od sebe oddělených segmentů a je plněna tak, že danou komoru přeplavíme a jejím přepadem putuje kapalina do následující komory. Odstraněné nečistoty z hladiny flotační nádrže jsou umístěny do IBC kontejnerů, které jsou neustálou součástí celého flotačního celku.

Podobně jako IBC kontejnery, je součástí flotačního celku vždy tzv. transportní nádrž. Tato nádrž je spojena s flotační nádrží koncovým přepadem. Z tohoto přepadu tedy přetéká odsazená kapalina do transportní nádrže. Kde je osazen jeden či dva akční prvky v podobě ponorných čerpadel. A právě na základě umístění těchto ponorných čerpadel je odvozen pracovní název: transportní nádrž. Ponorná čerpadla přesunují odsazenou kapalinu dál do technologie pomocných hospodářství. Spolu s akčními členy je nádrž vybavena trojicí snímacích prvků. Na základě informací poskytnutých těmito plovákovými snímači do řídicího PLC automatu, jsou ovládány chody jednotlivých akčních prvků.

4.1.1 Princip flotační nádrže

Nyní bude podrobně rozebrán řídicí algoritmus, který je využit pro každou flotační nádrž, jenž je umístěnou v pomocných hospodářství. V první řadě je nutné popsat napouštění flotační nádrže kalovým roztokem, který přichází z hlavního technologického celku. A je zachycen na obrázku 24. Na tomto obrázku je znázorněn princip napouštění flotační nádrže spolu s ovládáním shrabovacího ústrojí.



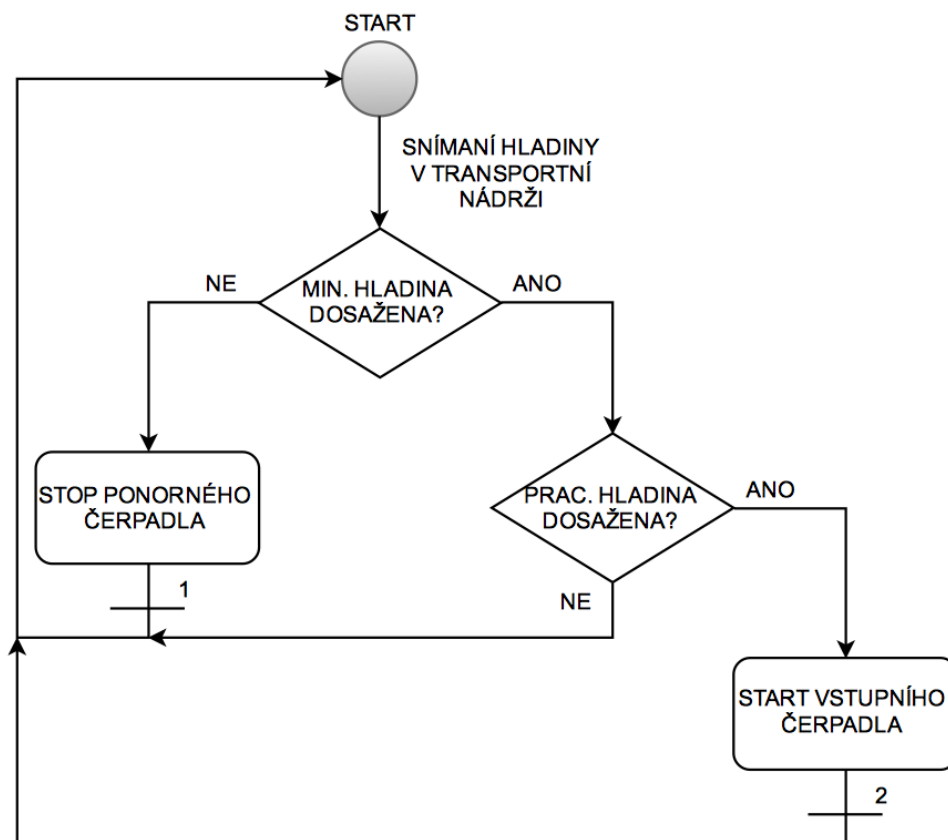
Obrázek 24 Řídicí algoritmus flotační nádrž - napouštění

Do polohy „*START*“ se řídicí automat dostane pouze tehdy, pokud bude zapnuté ovládání rozvaděče RMK. Dokud nebude ovládání aktivováno nelze provádět žádný akční zásah. Po aktivaci ovládání přichází na řadu první rozhodovací krok. Dle polohy plovákového snímače pro maximální hladinu v transportní nádrži je nutné rozhodnout, zda bude spuštěno vstupní čerpadlo přítoku roztoku a shrabovacího ústrojí.

Jakmile na digitálním vstupu PLC automatu setrvává logická „1“, je nutné odstavit přísun čištěného roztoku. Tento krok provedeme tak, že na výstupu, který ovládá výkonový spínací člen daného akčního členu, musí být logická „0“. Výkonový prvek u vstupního čerpadla, neboli ejektor dle technologického schématu, je stykač.

Pokud ovšem na daném digitálním vstupu řídicího automatu setrvává logická „0“. Je zapotřebí, aby z požadovaného výstupu na PLC automatu vycházela logická „1“ pro spuštění či trvalý chod ejektoru. Signál z popisovaného reléového výstupu je rozdělen, v první řadě je přiveden na již zmíněný stykač, který ovládá chod ejektoru. Ale zároveň je přiveden i na výkonový prvek, který reguluje chod shrabovacího ústrojí.

Nyní je zajištěno dopouštění roztoku z hlavního technologického celku do pomocných hospodářství I. Až III. Následujícím logickým krokem je převedení odstaveného roztoku dále do procesu regenerace (Obrázek 25). K tomuto úkonu je předurčena transportní nádrž, do které přitéká odsazený roztok pomocí posledního přepadu flotační nádrže. V transportní nádrži kromě snímače maximální hladiny, nalezneme ještě dva snímací prvky. Jejich smyslem je snímat pracovní a minimální úroveň hladiny roztoku v nádrži.



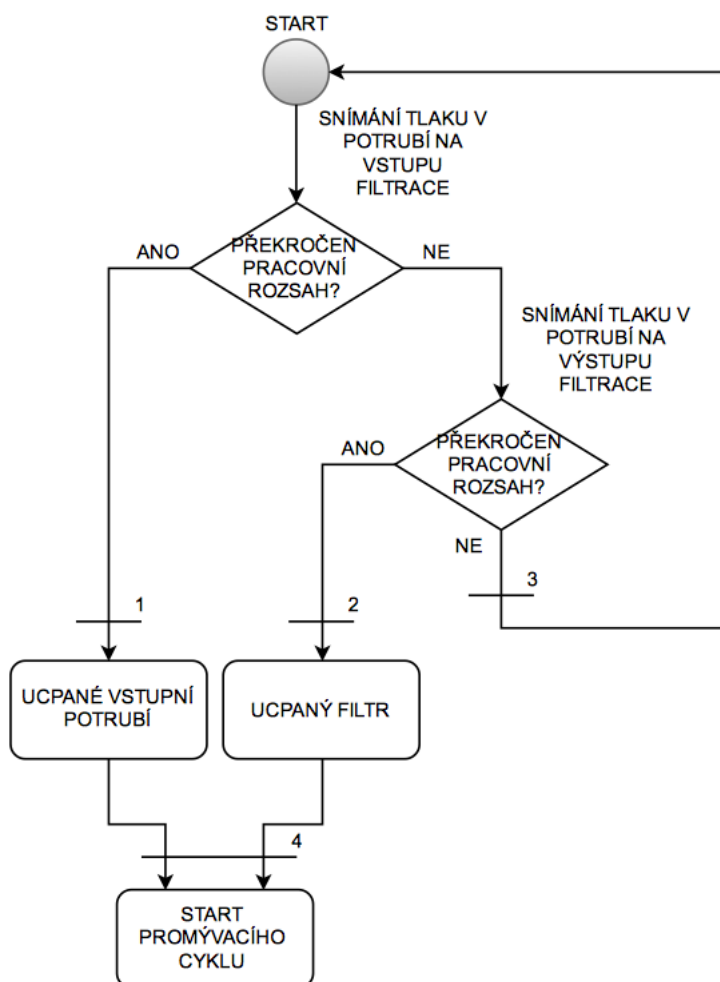
Obrázek 25 Řídicí algoritmus transportní nádrž

Opět veškerá regulace začíná po získání stavu „Ovládání zapnuto“. Provede se v následujícím kroku rovněž analýza úrovně hladiny roztoku v transportní nádrži viz obrázek 25. Z důvodu ochrany ponorných čerpadel, je nezbytné, aby se řídicí automat vždy dotazoval na nejnižší hladiny. Minimální hladina v transportní nádrži slouží pouze k odstavení ponorného čerpadla či čerpadel, aby nedošlo k jejich destrukci. Pokud nebude dostatečná hladina čerpaného roztoku a ponorné čerpadla by zůstaly v chodu, došlo by k okamžitému nárůstu teploty mechanického aparátu čerpadla. To v konečném důsledku znamená jeho zadření. Jeden ze základních principů ponorných čerpadel spočívá v tom, že čerpané roztoky využívá jako chladicí kapalinu.

Pokud ovšem nastane druhá varianta a snímací prvek minimální hladiny bude vykazovat hodnotu logické „1“, lze přistoupit k následujícímu logickému rozhodnutí. Následující rozhodnutí spočívá ve spuštění ponorných čerpadel. K jejich spuštění musí roztok v nádrži dosahovat minimálně pracovní úrovně hladiny roztoku v nádrži.

4.1.2 Filtrace

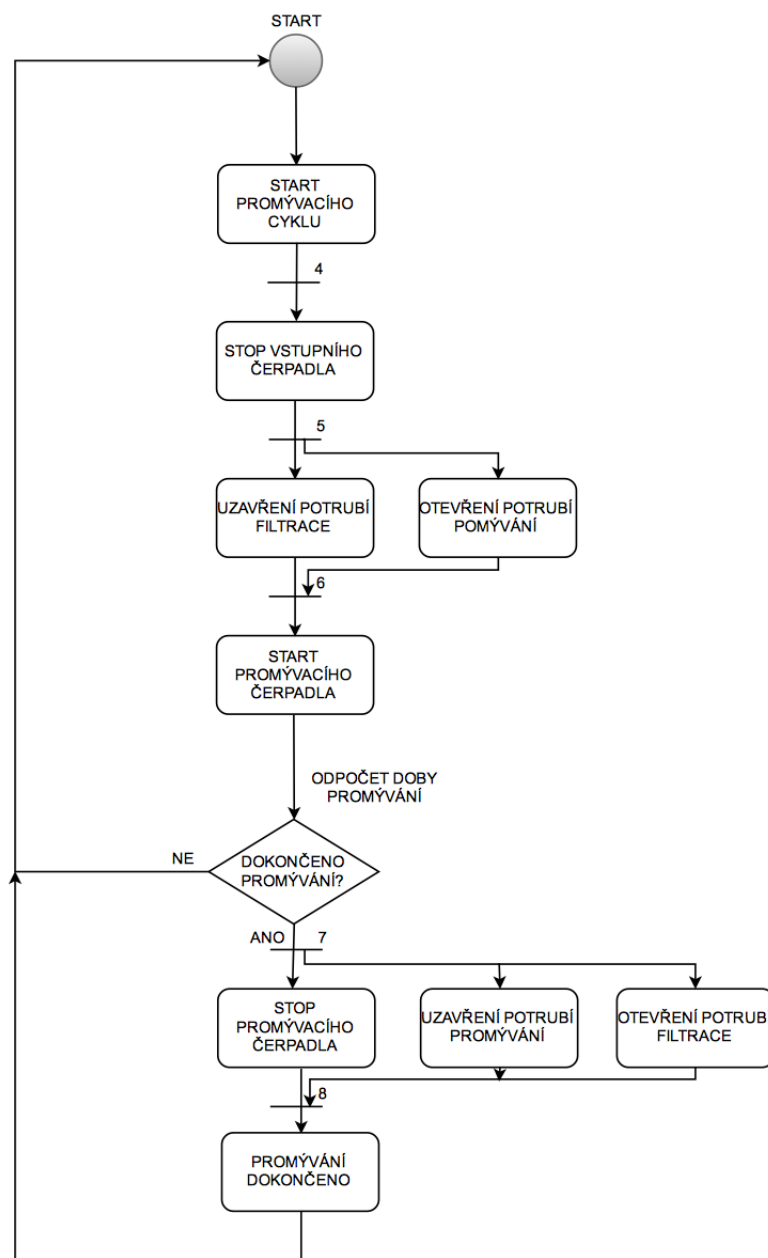
Ve dvou ze čtyř pomocných hospodářství lze nalézt dvojici sériově zapojených tlakových filtrů. Ač se tato část technologického celku jeví po většinu času jako pasivní prvek, je nutné snímat tlak ve vstupní a výstupní trase tohoto filtračního aparátu (Obrázek 26).



Obrázek 26 Vyhodnocení stavu filtračního aparátu

První měření se tedy provádí v potrubní trase mezi ponorným čerpadlem, které je umístěné v transportní nádrži flokulačního celku a první filtrační nádobou. V této potrubní trase je předem určený pracovní rozsah, který musí být snímán tlakovým senzorem. Tento tlakový senzor je zapuštěn do PVC potrubí. Jelikož kapalina proudící v této potrubní trase, nese stále velké množství pevných částí, je vhodné, aby snímací prvek byl konstrukčně uzpůsoben této variantě. Z uvedeného důvodu volíme typ se zapuštěnou snímací membránou.

Pokud tedy naměřená hodnota překročí pracovní rozsah, došlo k ucpání nátoky filtračního zařízení. Tuto skutečnost lze napravit pouze spuštěním automatického promývacího cyklu. Velice obdobná situace může nastat na výstupu filtračního celku. Pokud zde naměřená hodnota bude, mimo pracovní interval, je zřejmé že došlo k zanesení celého filtračního segmentu. Opět je nutné provést promývací cyklus.



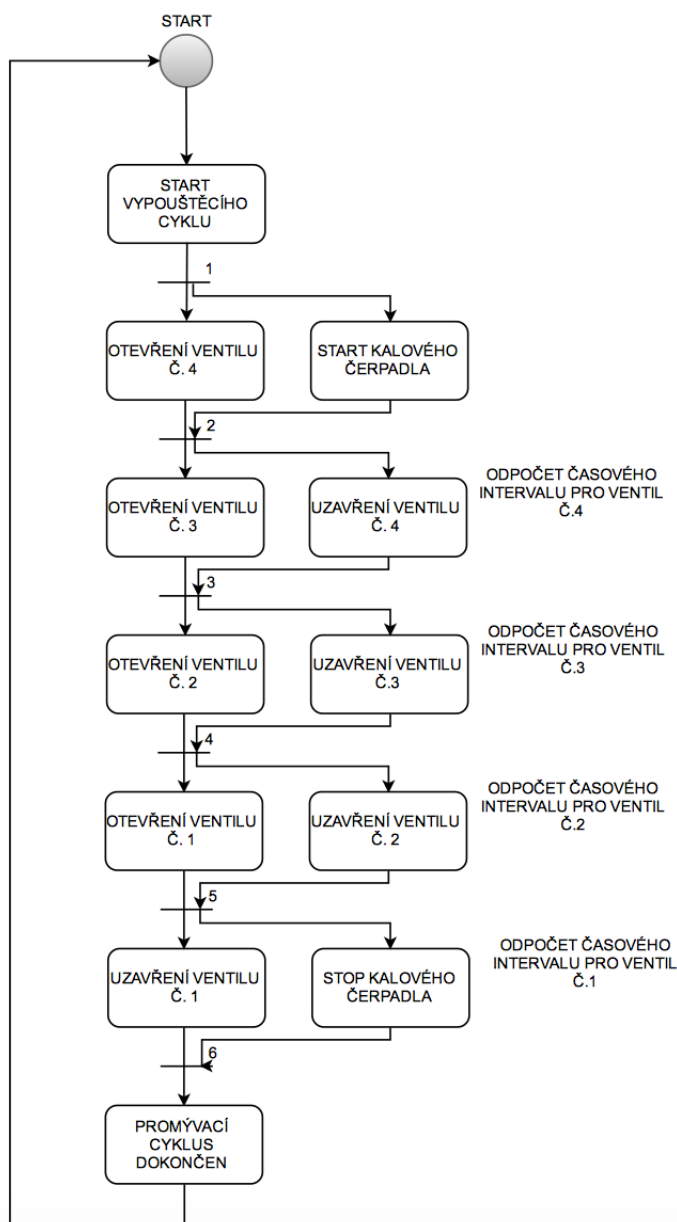
Obrázek 27 Promývání filtračních prvků

Promývací cyklus viz obrázek 27 je velice jednoduchý, v prvním kroku se uzavře potrubní trasa filtrace. K uzavření dojde jak na vstupu, tak i výstupu filtračního aparátu. Následně se otevře promývací potrubní větev. Do této větve začne promývací čerpadlo vhlánět čistou technologickou vodou. Promývání obsahu filtračních nádob je přesným opakem filtrace. Kapalina nyní vstupuje do spodní části filtrů a nadzvedává nečistoty, které opouštějí filtrační nádoby horními přírubami.

4.1.3 Vypouštění kalu z flotační nádrže

Podobně jako filtrační nádrže musí být promývány, je nutné v pravidelných intervalech odstraňovat usazený kal v jednotlivých komorách flotační nádrže. Usazený kal se z flotační nádrže dostává velice jednoduše. Jako první se otevírá výpustný ventil v poslední komoře, po uplynutí časového intervalu se uzavírá a otevírá se ventil třetí komory. Který se uzavírá opět po vyčerpání časového limitu. Tato operace se opakuje i pro druhý a první ventil.

Veškeré časové intervaly je nutné nastavit obslužným personálem. Přesný popis, kde a jak nastavit tyto časové konstanty bude rozebrán v následující kapitole, která je věnována popisu celkové vizualizace všech technologických celků (Obrázek 28).

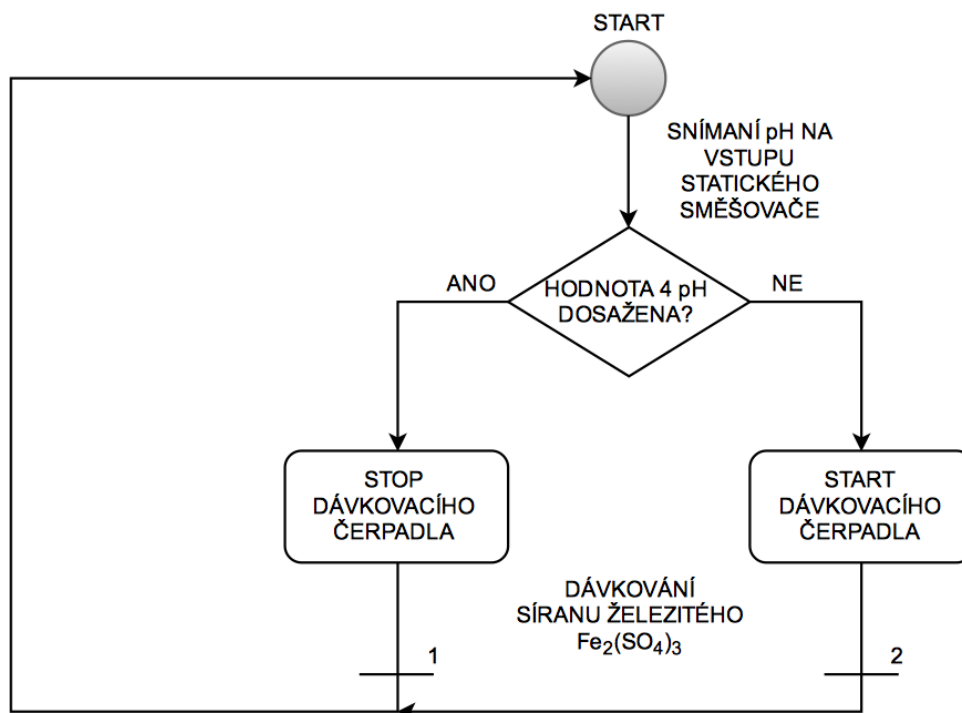


Obrázek 28 Vypouštění kalu z flotační nádrže

4.2 Statický směšovač

Následující důležitou částí, je statický směšovač. Ač řídicí algoritmus pro tuto část viz obr. 29 je jednodušší jak předchozí popisovaná část, je taktéž často využíván v pomocných hospodářstvích. Proto je záhodno popsat jeho princip.

Díky předchozímu popisu principu flotační nádrže víme, že čištěný roztok vstupuje do statického směšovače pomocí ponorných čerpadel umístěných v transportních nádržích, které jsou součástí flotačního celku.

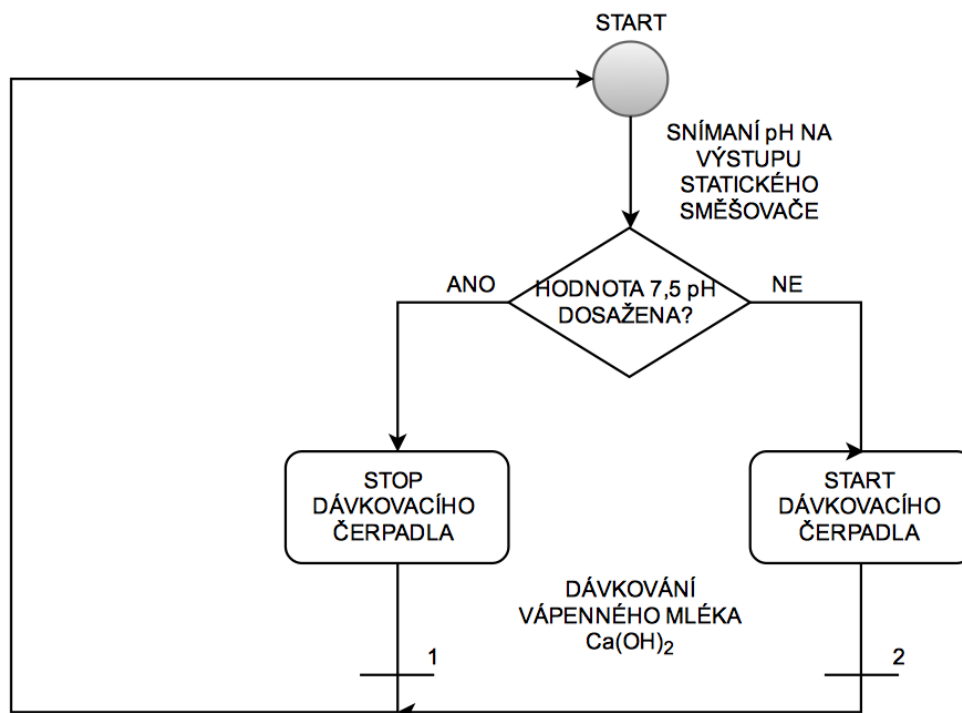


Obrázek 29 Dávkování Síranu železitého

Nyní tedy ke konkrétnímu řešení. Během vstupu daného roztoku do flotační je měřena hodnota pH. Protože technologický postup požaduje, aby v ¼ směšovače dosáhl roztok hodnoty 4 pH. Hodnota pH je snižována pomocí chemického kyselého roztoku Síranu železitého (Fe₂(SO₄)₃). Je nutné si ale uvědomit, že roztoky se kterými se v celém technologickém procesu pracuje, jsou v zásadě kyselého charakteru. Z tohoto faktu, lze snadno vyvodit, že spotřeba kyselých roztoků nebude velká.

Pro měření, jak již víme, jsou využity skleněné pH elektrody od výrobce Endress + Hauser. Kvůli konstrukci pH sond je zapotřebí pamatovat na skutečnost, že pH elektrody musí být neustále ponořeny. K pH sondám jsou výrobcem dodávány vyhodnocovací relé, které jsou v technologii umístěny blízko samotné sondy. Z tohoto vyhodnocovacího relé je analogový signál odveden pomocí kabeláže se dvěma stíněními.

Analogový signál je přiveden na analogový vstup o úrovni 4 až 20 mA. A je v programu přepočítána. Samotnou změřenou hodnotu využíváme pro dvoustavovou regulaci, k dávkování chemikálie.



Obrázek 30 Dávkování Vápenného mléka

Dávkování následné chemikálie probíhá naprosto totožně pomocí dvoustavové regulace jako předchozí kyselý roztok. Rozdíl ovšem je v tom, že vápenné mléko (Ca(OH)_2) se využívá k neutralizaci celého čištěného roztoku. Cílová hodnota, kterou požadujeme je 7,5 pH. Jak již bylo napsáno výše, většina roztoků je sama o sobě velmi kyselá, proto spotřeba pro jejich neutralizaci bude velmi vysoká.

Nabízí se ovšem tuto dvoustavovou regulaci provádět ještě jiným způsobem. A to takovým, že spínání dávkovacích čerpadel je možné provést pomocí samotné vyhodnocovací relé. Již základní model vlastní dva páry na sobě nezávislých spínacích a rozpínacích kontaktů. K těmto kontaktům bychom mohli připojit ovládací vodiče výkonových prvků, které ovládají dávkovací čerpadla. A následně nastavit ve vyhodnocovacích relé spínací limity (Obrázek 30).

Celé toto zapojení by bylo zcela funkční až na jednu drobnou nevýhodu, a to takovou, že omezíme řídicímu systému možnost plné kontroly nad veškerými prvky. Dále by bylo zapotřebí většího množství kabeláže.

4.3 Kalolis

Činnost kalolisu je rozdělena do tří základních fází. Tyto fáze v běžném provozu na sebe navazují. A jedná se o:

1. Zavírání a plnění.
2. Odtlakování a otevírání.
3. Ostřík filtračních desek.



Obrázek 31 Kalolis AKEA

Každý kalolis (Obrázek 31) obsahuje obslužnou technologii, kde jsou zabudovány bezpečnostní prvky, jako jsou světelné závory a bezpečnostní lanka viz předchozí kapitola o bezpečnosti. A část, která je vyhrazena pro pohyb konstrukce ostříku, nebo servisního zásahu osobami, jenž jsou seznámené a proškolené v dané problematice.

Ovládání kalolisu je rozděleno minimálně do dvou hlavních rozvodných skříní (RMK1, RMK2). První rozvodná skříň (RMK1) bývá umístěna v rozvodně a je vytvořena z minimálně dvou polí. V prvním poli (RMK1_1) tohoto rozvaděče nalezneme silové napájení a bezpečnostní jištění celého projektu. Těmito prvky je myšleno:

1. Pojistkový odpínač.
2. Jističe.
3. Motorové spouštěče.
4. Stykače
5. Silové svorkovnice

V následujícím druhém poli (RMK1_2) této rozvodné skříně nalezneme prvky měření a regulace (MaR). Těmito prvky je myšleno:

1. Zdroj 24Vdc.
2. PLC.
3. Bezpečnostní relé.
4. Vyhodnocovací relé tepelných ochranných členů.
5. Svorkovnice DI, DO, AI, AO.

Toto druhé pole je několika mnoha žilovými kabely propojeno s následující rozvodnou skříní RMK2. Ta je umístěna v blízkosti filtračního kalolisu a je dostupná obsluze. Její hlavní princip spočívá v ovládání filtrační technologie. Na čelním panelu nalezneme vždy signální zelenou LED kontrolku s názvem „SÍŤ“. Tato signalizace informuje přítomnosti napětí. Následující signální LED kontrolka, která je vždy osazena je signalizace oranžové barvy s nadpisem „Sdružená porucha“. Při této signalizaci je nutný zásah osoby znalé s vyšší kvalifikací dle vyhlášky 50/1978 Sb. Jelikož došlo k vybavení jednoho nebo více motorových spouštěčů, které jsou využity pro ochranu akčních členů.

Pokud je přítomno napájecí napětí a soustava nevykazuje sdruženou chybu, je možné přistoupit k následujícím prvkům, které jsou na čelní straně rozvodné skříně RMK2. Tyto následující prvky se zabývají aktivací a deaktivací ovládání. Pro tuto akci máme umístěny na RMK2 dvě ovládací tlačítka. První tlačítko s názvem „ZAPNOUT OVLÁDÁNÍ“ je prosvětlené a slouží k aktivaci ovládání. Pokud budou splněny veškeré vstupní podmínky, tak aktivované ovládání je signalizováno prosvětlením tlačítka. Následující neprosvětlené černé tlačítko s názvem „VYPNOUT OVLÁDÁNÍ“ jak již název napovídá, slouží k deaktivaci ovládání.

Aktivované ovládání je nutné, aby bylo možné spustit akční členy. Pokud je ovládání deaktivováno, tak ovládací soustava pouze snímá stav, ve kterém se daná technologie nachází, ale je jí odepřena možnost zasáhnout. Jakmile tedy bude ovládání aktivováno, spouští se automaticky celý technologický cyklus, který je nadefinován a řízen za pomoci naprogramovaného algoritmu v řídicím PLC automatu.

Jak již bylo popsáno v kapitole 3, je možné z bezpečnostního hlediska, že některé operace nemůže kalolis vykonávat automaticky sám, bez dozoru obsluhy. Proto je ovládací skříň vybavena dalšími signálními a ovládacími prvky. Jedná se o ovládací tlačítka těchto funkcí:

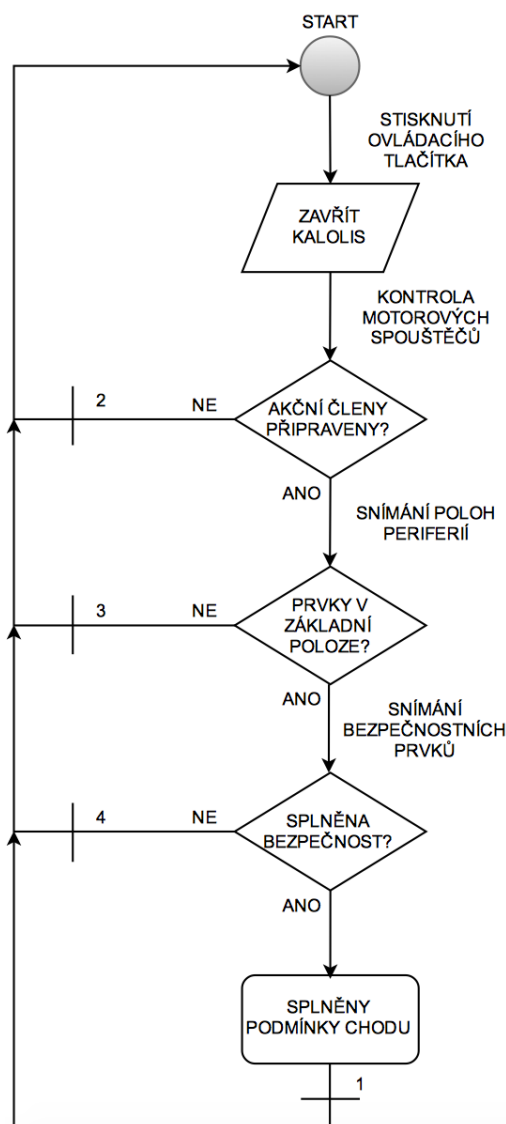
1. Zavřít kalolis.
2. Otevřít kalolis.
3. Odsun filtračních desek.

Tyto zmíněné prvky jsou obsažené u každé konceptu technologie. Další doplňující signální a ovládací prvky se liší na každém konceptu, ale ve většině případů je využito dotykových displejů pro signalizaci, ovládání a nastavování doplňkových parametrů. Tyto displeje komunikují s řídicím systémem pomocí komunikace PROFInet.

4.3.1 Zavírání a plnění kalolisu

Zavírání kalolisu je činnost, kdy pomocí ovládacího tlačítka „ZAVŘÍT LIS“ vydá obsluha povel k uzavření kalolisu a následného dosažení požadovaného filtračního tlaku. Operace je možná pouze po splnění všech vstupních podmínek. Pokud nebudou tyto podmínky splněny, akce nebude provedena a samotný řídicí automat neuchovává informaci o tom, že se uzavření lisu bylo obslužným personálem či velínem požadováno.

Tento logický postup je nezbytný pro zajištění požadavků bezpečnostní legislativy. Obsluha musí být během uzavírání kalolisu v bezpečné zóně. Abychom donutili obsluhu setrvat v bezpečné zóně, je uzavírání kalolisu realizováno tak, že po sepnutí ovládacího prvku „ZAVŘÍT LIS“ nedochází k archivaci tohoto stavu do paměti řídicího automatu. Zároveň spínací prvek není vybaven přídržným zapojením. Z tohoto faktu vyplývá, že obsluha musí ovládací prvek manuálně udržet v sepnutém stavu po celou dobu uzavírání kalolisu. Jakékoliv rozpojení kontaktů ovládacího prvku vede k přerušení operace (Obrázek 32).



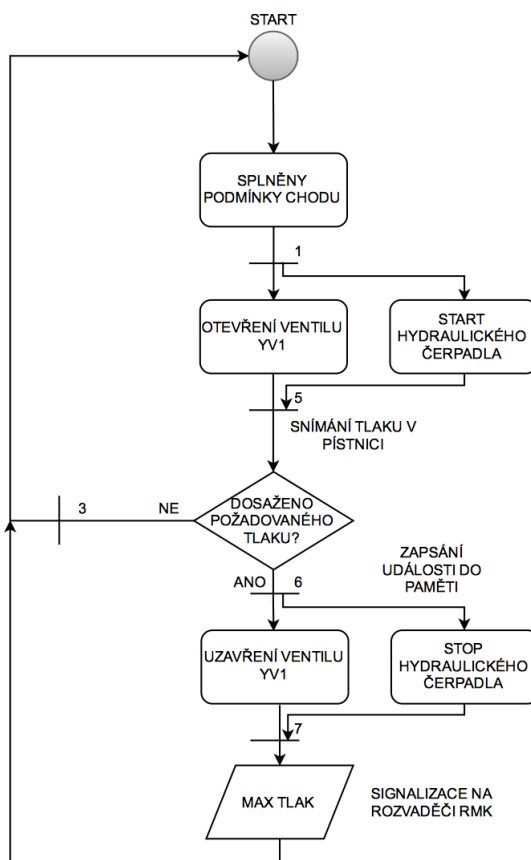
Obrázek 32 Podmínky zavírání lisu

Podmínky, které je nutné splnit pro uzavření, a kalolisu jsou následující:

1. Musí být aktivováno ovládání kalolisu.
2. Dostatečná hladina hydraulického oleje.
3. Veškeré motorové spouštěče hydraulického agregátu musí být v sepnutém stavu.
4. Vozík odsunu desek, musí být v počáteční poloze.
5. Rameno ostřikovače musí být v počáteční poloze.
6. Spínač bezpečnostní lanka musí být v sepnutém stavu.
7. Světelné závory nesmí indikovat přítomnost osoby či jiného tělesa v bezpečnostní zóně.
8. Uzavřen kryt kalolisu.

Jelikož je filtrovaný kal radioaktivní, je nutné i upravit bezpečnostní ochrany obslužného personálu. U běžných kalů jsou kalolisy vybaveny jen bezpečnostními lankami a světelnými závory. Ale v tomto případě musely být bezpečnostní lanka nahrazeny kryty kvůli naprostému zabránění styku obsluhy s filtračními deskami.

Pokud veškeré výše zmíněné podmínky jsou splněny, je spuštěn hlavní akční člen hydraulického agregátu a zároveň pomocí cívky „YV1“ je otevřen hydraulický okruh pro uzavření lisu. Kalolis je uzavírán, dokud není dosaženo požadovaného vnitřního tlaku v pístnici. Tato hodnota je zobrazovaná manometrem na těle hydraulického agregátu a zároveň je analogově měřena snímačem „SP1“. Po dosažení požadovaného tlaku, je možné přejít do následující fáze, kterou je plnění kalolisu (Obrázek 33).



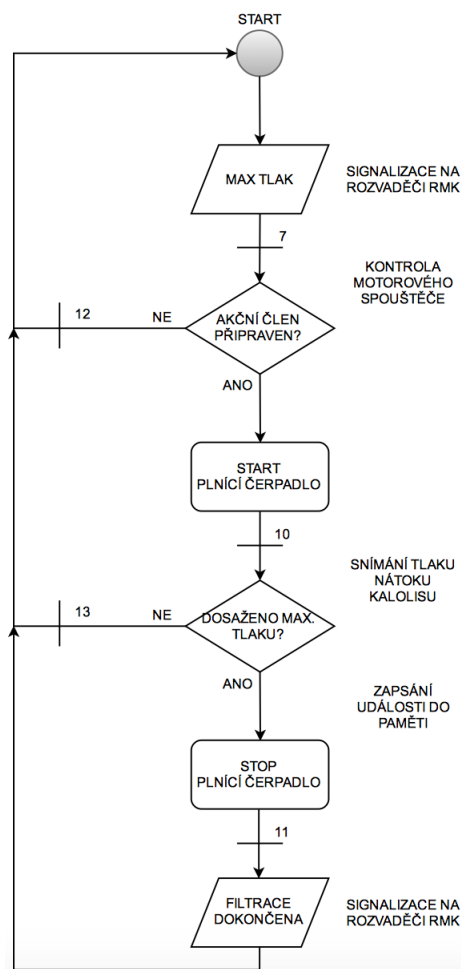
Obrázek 33 Uzavření kalolisu

Plnění kalolisu je automaticky spouštěno řídicím automatem, za předpokladu splnění daných vstupních podmínek. Těmito podmínkami je myšleno:

1. Uzavřen kalolis na požadovaný tlak.
2. Motorový spouštěč plnicího čerpadla musí být v sepnutém stavu.
3. Musí být aktivované ovládání.
4. Hladina kalu v kalové jínce musí dosahovat vyšší úrovně hladiny než je minimální hladina.

Po splnění podmínek nastává plnění, které probíhá otevřením plnicího ventilu. To vede k zaplavení plnicího čerpadla, které je následně možné spustit bez jakýchkoliv rizik destrukce hnacího kola z důvodu chodu na sucho.

Plnění kalolisu je snímáno vstupním snímačem tlaku a průtoku, dále na výstupu se nachází minimálně měření zaplavení okapových van. Díky těmto měřením vyhodnotí řídicí systém, zdali je nutné, aby byl kalolis vyprázdněn, nebo je stále možné pokračovat ve filtraci kalu (Obrázek 34).



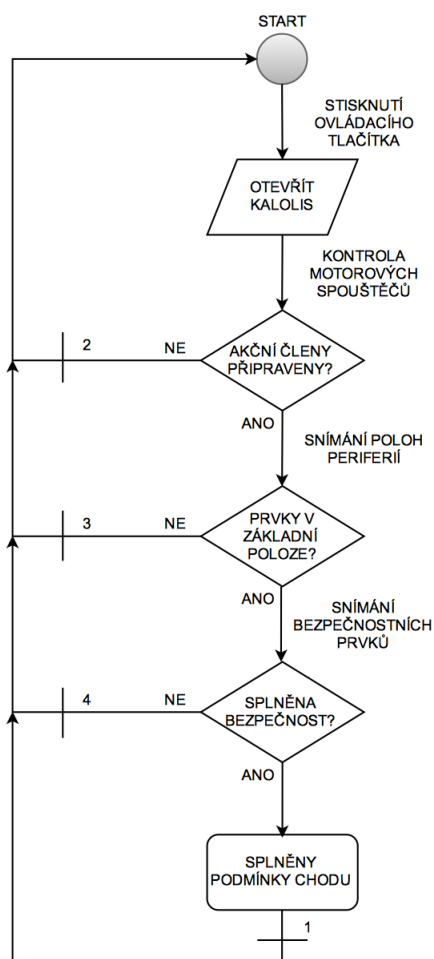
Obrázek 34 Filtrace

4.3.2 Odtlakování a otevírání kalolisu

Jakmile je řídicím systémem vyhodnoceno, že kalolis je plně za filtrován, dochází k odstavení plnicího čerpadla a následnému uzavření plnicího ventilu a je přivolána obsluha zvukovou či vizuální signalizací. Úkolem obsluhy je v první fázi použít ovládací tlačítko „Otevřít lis“. Opět z důvodu bezpečnosti musí obsluha během celé operace setrvat u ovládacího panelu a držet ovládací prvek v sepnutém stavu. (Obrázek 35)

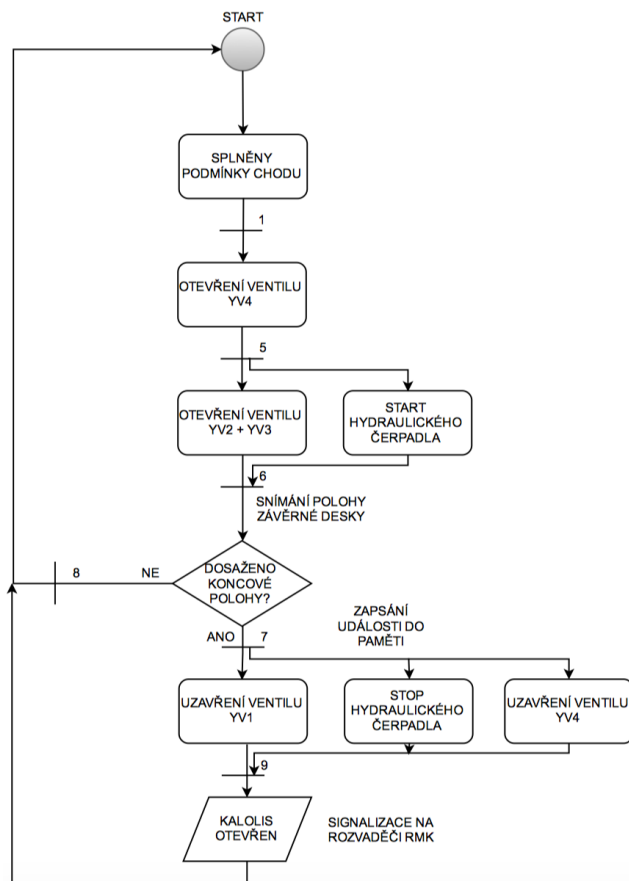
Vstupní podmínky pro tuto operaci jsou stejné jako při zavírání kalolisu. Jakmile je vše splněno, dochází k aktivaci hlavního akčního členu hydraulického agregátu jenž je doprovázeno odpouštěním tlaku pomocí cívky „YV4“. Jakmile je odpuštěn tlak na požadovanou hodnotu, otevírají se hydraulické rozvody pro otevírání kalolisu díky cívkám „YV2 a YV3“. Otevírání kalolisu probíhá dokud pístnice závěrné desky se nezasune tak, aby závěrná deska dosáhla úrovně indukčního snímače „LIS OTEVŘEN“.

Jakmile je lis úspěšně uzavřen, následuje operace odsun desek. Opět obsluha musí vytrvat u toho ovládacího prvku, aby byla akce dokončena. Obsluha je zároveň povinna kontrolovat, zda během odsunu desek dochází k řádnému odtržení vyfiltrovaných koláčů od filtračních plachetek. Dále je nutné provést kontrolu, zda filtrační plachetky nejsou poškozené. V poslední řadě musí obsluha rozhodnout, zda je nutné provést vysokotlaký ostřík filtračních plachetek.



Obrázek 35 Podmínky otevírání kalolisu

Odsun desek je realizován pomocí sekundárního akčního prvku umístěného v hydraulickém agregátu spolu s dalšími ovládanými cívkami „YV5 – Pro filtrační desku“ a „YV6 – S filtrační deskou“. Dále je zde i snímání tlaků pro jednotlivé úkony. Pro seřízení správného odsunu desek je zároveň hydraulický agregát vybaven škrtkovými ventily.



Obrázek 36 Otevírání kalolisu

Odsun desek má také své vstupní podmínky, při kterých je možné jej aktivovat. Tyto vstupní podmínky jsou (Obrázek 36):

1. Kalolis otevřen.
2. Rameno ostříku v počáteční poloze.
3. Vozík odsunu desek v počáteční poloze.
4. Motorové spouštěče v sepnutém stavu.
5. Dostatečná hladina hydraulického oleje.
6. Spínač bezpečnostního lanka musí být v sepnutém stavu.
7. Veškeré motorové spouštěče hydraulického agregátu musí být v sepnutém stavu.
8. Musí být aktivováno ovládání kalolisu.

4.3.3 Ostřík filtračních desek

Pokud obsluha zhodnotí nutnost ostříku filtračních plachetek, je nezbytné provést úvodní nastavení ostříku. Toto nastavení se může lišit v závislosti na právě filtrovaném kalu. Jako první je třeba zvolit, kolikrát se má provést ostřík každé filtrační desky v rámci jednoho mycího cyklu. Jedním ostříkem filtrační desky je myšleno, že ostříkové rameno svůj úkon započne na horní hraně filtrační desky a postupuje ke spodní hraně. Jakmile se objeví na spodní hraně desky, vrací se zpět do výchozí pozice. Tuto operaci lze tedy provádět pouze jednou nebo dvakrát na každé filtrační desce.

Dalším parametrem k nastavení je požadovaný tlak ostříku. Tento parametr se volí z ohledem na zašpinění filtračních plachetek a jejich materiál. Posledním parametrem, jenž je nutné zadat, je objem nádrže užitkové vody, jejíž obsah se má využít pro daný ostřík filtračních desek. Z pravidla se v praxi využívá více nádrží, než pouze jedna.

I ostřík filtračních desek si sebou nese jako předchozí operace vstupní podmínky, které je nutné splnit. Těmito podmínkami je myšleno:

1. Lis otevřen.
2. Vozík pro odsun desek musí být v základní poloze.
3. Motorové spouštěče musí být v sepnutém stavu.
4. Musí být aktivováno ovládání.
5. Hladina ostříkové vody musí mít vyšší úroveň hladiny než je minimální hladina.
6. Musí být proveden odsun desek.

Ostříkové rameno je vybaveno několika indukčními snímači, které indikují pozici filtračních desek. Tím je myšleno, že je snímáno umístění následující desky jenž vyžaduje ostřík. Dále aktuální desky, na které se provádí ostřík a zároveň kontrola pozice poslední desky, u které byl již ostřík úspěšně dokončen.

Také ovšem je nutné snímat horní výchozí pozici a spodní pozici ostříkového ramene. Dále jsou indukční snímače využity i pro identifikaci začátku a konce kalolisu. V poslední řadě je funkce pohybu ramene hlídána koncovými snímači z důvodu možné závady, jakou je například přetržení pohonných řetězů atd.

Celý koncept ostříku filtračních desek je vytvořen tak, aby řídicí systém, přesně věděl kolik filtračních desek již očistil a kolik mu jich ještě zbývá do úspěšného dokončení daného umývacího cyklu. Díky tomuto faktu, je možné aby ostřík při jakémkoliv přerušení, byl schopen sám navázat na okamžik, kde byla jeho činnost přerušena.

Dále také je nezbytné, aby byly hlídány veškeré pojezdové časy. Pokud nastane bezdůvodné prodlužování těchto časů, je nezbytné aby byla přivolána obsluha a ta zjistila, příčinu prodloužení pojezdových časů.

4.4 Diagnostické a testovací systémy

V průmyslové automatizaci se často pro řízení technologických procesů a strojů využívá programovatelných automatů (Obrázek 37), podobně jako u technologického celku popisovaného v této diplomové práci. U takto řízených procesů je kladen důraz na jejich nepřetržitý provoz. Při jakékoliv případné poruše je nutné, aby tato chyba byla co nejrychleji nalezena a následně odstraněna. Z tohoto důvodu je potřeba, aby uvnitř programu PLC běžela softwarová rutina, která dokáže takto vzniklou příčinu odhalit.

Diagnostiku celého řídicího systému lze rozdělit do tří základních skupin:

- Diagnostika analogového měření
- Diagnostika digitálních signálů
- Diagnostika programu

4.4.1 Diagnostika analogového měření

Pro měření fyzikálních veličin jako například jsou: teplota, tlak, pH, poloha se často využívá analogového měření. Pro sběr takového typu dat, je nutné v zapojení řídicího systému využít analogových karet. Kterými lze měřit spojitě signály např. napětí, proudu, a odporu. Tyto naměřené signály jsou pak pomocí karty převedeny na digitální hodnotu a následně zpracovány během cyklu programu v procesoru.



Obrázek 37 Simatic S7-1200 AI 12Bit [6]

Při zpracování analogových signálů, je nutné jednotlivé měření podrobit kontrolní diagnostice. Tyto diagnostické kontroly jednotlivých analogových měření můžeme rozdělit na dva rozdílné typy:

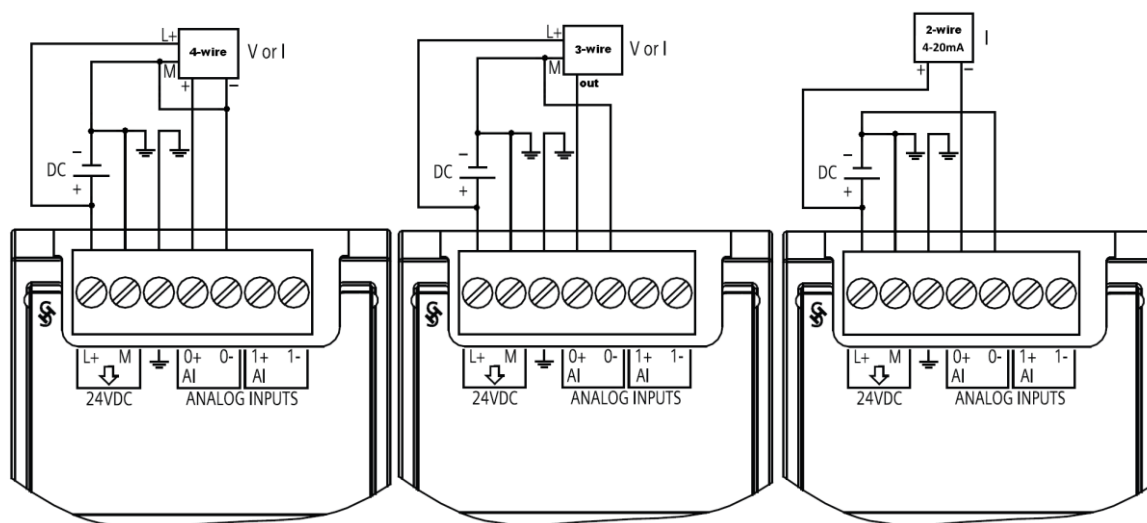
- Hardwarová diagnostika
- Softwarová diagnostika

Hardwarová diagnostika

Hardwarová diagnostika spočívá v kontrole správnosti elektrického zapojení analogového snímacího prvku a validnosti přenášené informace. Základní elektrické zapojení těchto analogových snímacích prvků se rozděluje do dvou hlavních kategorií:

- Napěťová smyčka
- Proudová smyčka

Dále se tyto dvě hlavní skupiny rozdělují dle počtu vodičů, jenž jsou v daném zapojení využity. Napěťovou smyčku lze využít u čtyř nebo tří vodičovým zapojení. Oproti tomu proudovou smyčku lze realizovat jak s čtyřmi, třemi ale i pouze se dvěma vodiči. Příklad jednotlivých zapojení je na následujícím obrázku 38. [12]



Obrázek 38 Zapojení vstupních analogových karet S1200 [6]

Při přenosu informace popisovaných zapojení se využívá předem definovaných unifikovaných signálů. Využívaný unifikovaný signál závisí na několika faktorech. Prvním faktorem je výběr napěťové či proudové smyčky a následného měřeného rozsahu. Od tohoto rozhodnutí se dále odvíjí výběr samotného snímacího prvku a analogové karty, jenž bude snímat naměřená data. Základní přehled nejpoužívanějších rozsahů unifikovaných signálů nalezneme v následující tabulce 13.

Tabulka 13 Měřicí rozsahy analogových signálů [2]

Typ	Rozsah		
Proudový [mA]	0 až 5	0 až 20	4 až 20
Napěťový [V]	0 až 10	-10 až 10	-

Využívání těchto definovaných unifikovaných intervalů má své neskonale výhody při odhalování chybného signálu. Pokud nastane situace, kdy přenášený signál se nachází mimo pevně stanovený rozsah, jde o chybu.

Příčin takových chybných výsledků v měření může být hned několik. Jednou z hlavních a zároveň nejčastěji se objevovaných příčin je špatné uložení kabelových tras v technologii či stroje. Je nutné při návrhu kabelových tras myslet na skutečnost, že je nezbytné rozdělit vedení do jednotlivých samostatných uložení. Minimální rozdělení by mělo vypadat takto:

- Kabeláž silového vedení
- Kabeláž měření a regulace (MaR)

V ideálním případě je vhodné rozdělit kabeláž měření a regulace na digitální a analogové signály. Rozdělení stačí provést například přepážkou v kabelovém žlabu. Stejně tak je vhodně rozdělit i silové vedení ve chvíli, kdy máme akční členy řízené frekvenčními měniči.

Svůj velký podíl v kvalitě přenášené informace má nejen uložení kabeláže, ale i její typ. Pro přenos dat měření a regulace jsou naprosto nevhodné například tyto typy kabelů:

- CYKY
- 1-CYKY
- AYKY
- 1-AYKY
- CYSY

Uvedené typy kabelů jsou přednostně určeny k napájení akčních členů a nehodí se pro přenos informací. Tyto kabely lze využít jen tehdy pokud je spínacím výkonovým prvkem stykač. Pokud je využit frekvenční měnič je nutné využít například kabel typu 2YSLCY-JB.

Naopak kabely, které jsou vhodné pro vedení informací v technologických soustavách či strojích musí obsahovat stínící vrstvu. Základní vrstva stínění vůči svému okolí je realizována pomocí hliníkové folie. Těchto vrstev mají některé typy kabelů více. Plus je možné do konfigurace kabelu přiřadit i ochranný opleť. Důležité je, aby při zapojování takového kabelu bylo stínění pospojováno s uzemněním (zelenožlutým vodičem či kostrou prvku) na obou koncích kabelu. Vhodnými typy kabelů pro realizace MaR například jsou:

- JYTY
- YSLY
- LiYCY

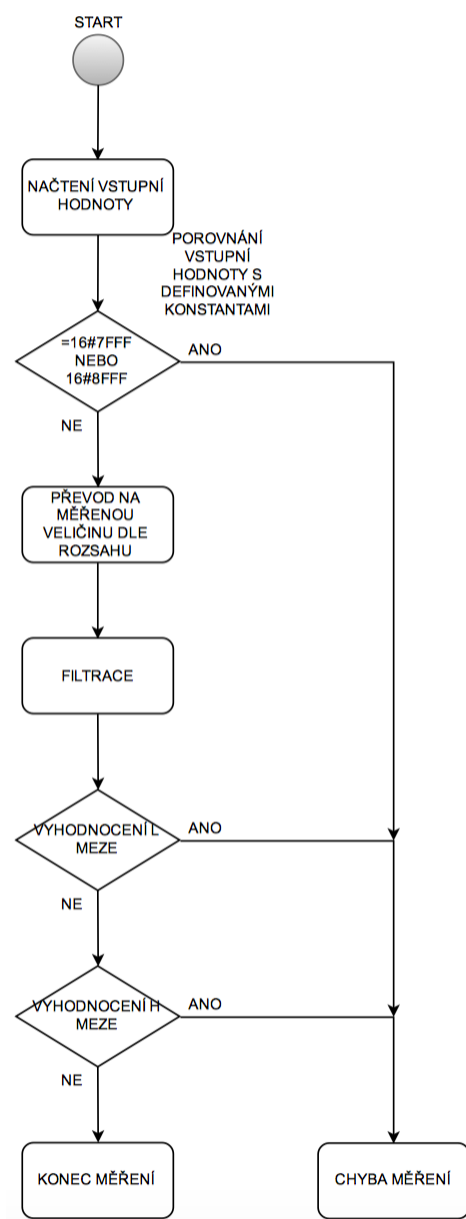
V praxi se pro přenos analogových informací velmi často využívá kabeláž typu LiYCY v kombinaci s proudovou smyčkou v rozsahu 4 až 20mA. Neboť proudový signál je oproti napětíovému odolnější vůči okolnímu rušení. Navíc lze u tohoto typu přenosového signálu snadno rozeznat přerušení měřené smyčky.

Softwarová diagnostika

Druhým základním způsobem jak provést kontrolu korektnosti změřeného analogového signálu, je softwarová diagnostika. Dnešní generace programovatelných automatů (PLC) již využívají měřících analogových karet s vestavěnou automatickou hardwarovou diagnostikou. Měřící analogové karty samy umí vyhodnotit výše popsané kritické stavy, jako například jsou:

- Rozpojená měřící smyčka (pouze při využití rozsahu 4 až 20mA)
- Chyba měření

Tyto zachycené chyby je následně možné softwarově zpracovávat. A to buď prostřednictvím diagnostického organizačního bloku, nebo prostřednictvím speciálních konstant, kterých nabývá měřená hodnota při takto vzniklé poruše. Například pro rozpojenou smyčku je definována hodnota 16#8FFF. (Obrázek 39) [12]



Obrázek 39 Diagram softwarové diagnostiky

Během softwarového zpracování naměřené analogové veličiny je nejprve nutné převést tyto informace na digitální signál. K tomuto kroku se využije A/D převodník. Jakmile získaná informace má podobu digitálního signálu, dochází k první diagnostické operaci. Tímto úkonem je porovnání hodnoty informace s předem definovanými konstantami, které reprezentují hardwarové chyby. (rozpojená měřicí smyčka nebo chyba měření).

Jakmile nedochází k žádné hardwarové chybě, je možné přejít k následujícímu kroku. Tímto dalším úkonem je přepočítání převedeného digitálního signálu na měřenou veličinu dle následujícího vztahu:

$$\frac{\text{Vstupní hodnota}}{27648} \cdot (\text{Horní Rozsah} - \text{Dolní rozsah}) + \text{Dolní rozsah}$$

Po převodu digitálního signálu na měřenou veličinu se provede filtrace. Tato získaná informace analogového měření je nyní připravena pro zpracování řídicím algoritmem. Ale než se tak stane, je zapotřebí provést poslední operaci a tou je vyhodnocení horní a dolní meze. Tento krok je nezbytný pro ověření, zda měření proběhlo v předem definovaném proudovém či napěťovém intervalu hodnot. Jakmile je vše dle předpokladů, vstupuje informace o analogové veličině do uživatelského programu.

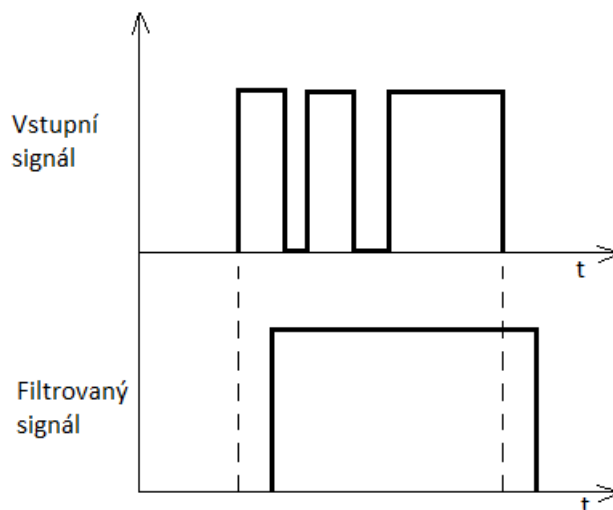
4.4.2 Diagnostika digitálních signálů

Digitální neboli binární vstupní signály jsou určeny pro připojení dvouhodnotových snímacích prvků. Na rozdíl od analogových měřících karet, kdy jejich výběr je značně omezen, je velká nabídka typů digitálních karet. Jako zdroje vstupních signálů pro tyto karty slouží například:

- Ovládací prvky
- Indukční snímače
- Plovákové snímače
- Vodivostní snímače

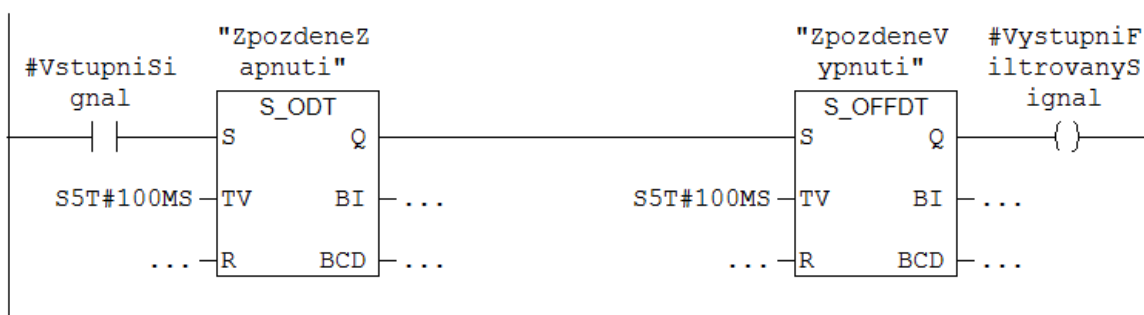
Tyto zdroje digitálních signálů se omezují pouze na rozsah informace 1/0 neboli ano/ne. U tohoto typu informace se zásadně používá napěťový rozsah stejnosměrného bezpečného napětí 0 až 24V DC. Ve výjimečných případech se můžeme setkat s použitým napětím 0 až 230V AC.

Při zpracování digitálních signálů vstupujících ze snímačů do PLC vznikají často potíže, neboť průběhy těchto signálů neodpovídají průběhům, jaké by se daly očekávat. Tyto odlišnosti jsou nejčastěji způsobeny vlivem prostředí, ve kterém je snímač umístěn. Například u optických snímačů přítomnosti materiálu bývá často problém s vytvářením falešných indikací. Řešení tohoto problému je pak softwarová úprava takového signálu viz Obrázek 40.



Obrázek 40 Digitální signál [5]

Filtrace digitálního signálu se provede pomocí využití časovačů. Přesněji řečeno pomocí časovačů se zpožděným přitahem a odtahem. Díky této časové prodlevě se provede odfiltrování nežádoucích změn ve vstupním digitálním signálu. Praktický příklad této filtrace je znázorněn na následujícím obrázku 41. Pro filtraci digitálních vstupních signálů se nejčastěji používají časové konstanty v řádech desítek milisekund. [20]



Symbol information:

#VstupniSignal	#VstupniSignal
ZpozdeneZapnuti	T1
ZpozdeneVypnuti	T2
#VystupniFiltrovanySignal	#VystupniFiltrovanySignal

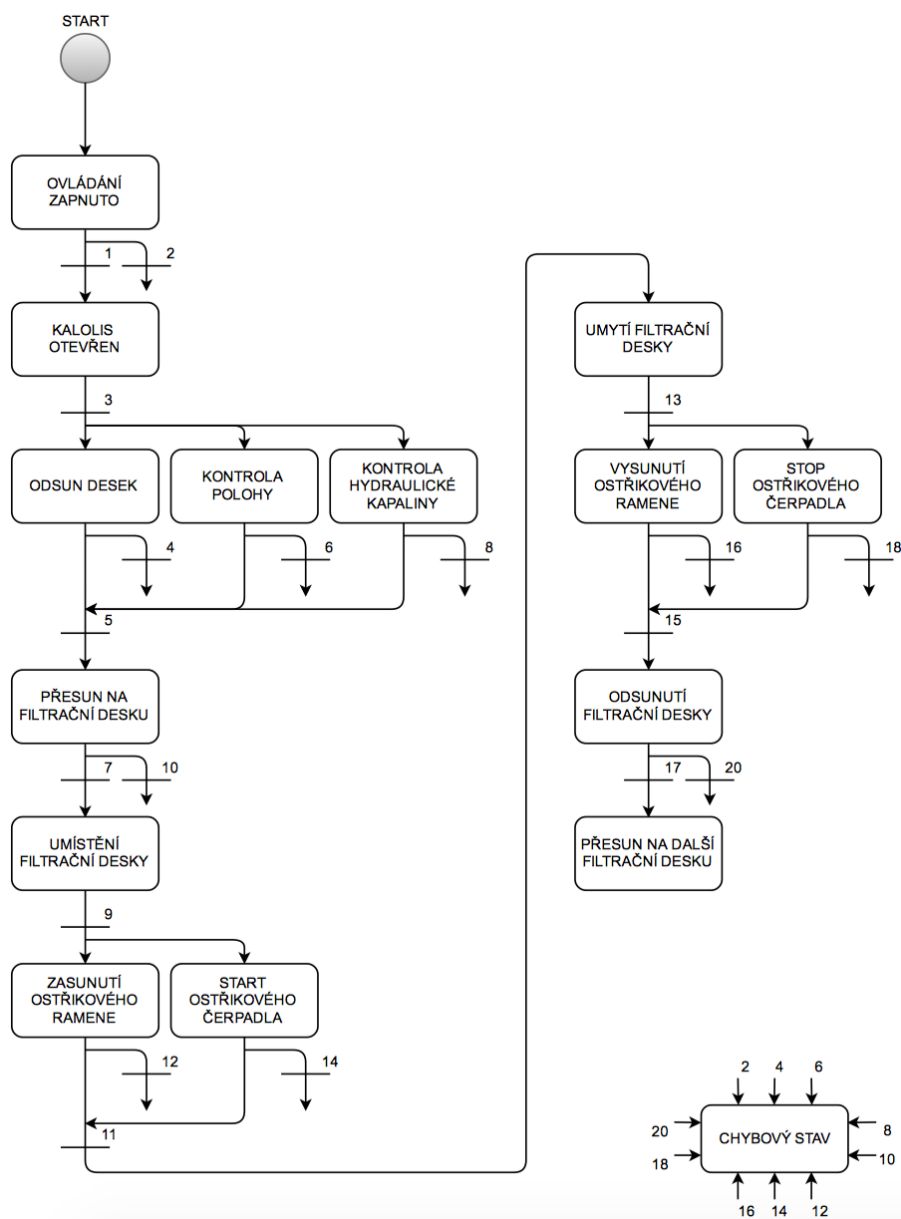
Obrázek 41 Filtrace digitálního signálu [5]

Mohou ovšem nastat výjimky, jako například umístěný plovákový snímač v nádrži vybavené míchacím ústrojím. Tato kombinace není vhodná, ale v praxi se lze s takovým případem setkat. Jakmile tedy nastane taková situace, lze využít stejného algoritmu pro odfiltrování výkyvů plovákového snímače, které zapříčiní působení odstředivých sil. Ale s tím rozdílem, že časové konstanty budou nastaveny v jednotkách sekund, například 5s. [1]

Jakmile je digitální vstupní signál takto odfiltrován, lze s ním bezproblémově pracovat v původním uživatelském programu pro řízení technologického celku či stroje. Neupravený digitální výše popsanou filtrací se již v řídicím algoritmu nevyužívá. [2]

4.4.3 Diagnostika programu

Jako příklad pro diagnostiku řídicího algoritmu poslouží princip ostřiku filtračních desek umístěných ve filtračním lisu. Celý proces očištění filtračních desek zajišťuje programovatelný automat, ve kterém se nachází sekvence řídicího algoritmu. Tato sekvence je řešená pomocí stavového automatu. Výhodou řešení je snadné odhalení problému uvnitř programu, neboť ten se nachází vždy v předem definovaných stavech a vykonává definované úkony. Pro přechod do jiného stavu je nutné splnit definované vstupní podmínky. Zmíněný stavový automat je pak zobrazen na následujícím obrázku 42.



Obrázek 42 Stavový automat

Samotný ostřík filtračních desek filtračního kalolisu může být aktivován pouze ve chvíli, kdy je filtrační lis otevřen. Pokud je tato úvodní podmínka splněna, bude stavový automat reagovat na povel obsluhy nebo velínu k aktivaci ostříku. Kompletní spuštění ostříkového procesu je podmíněno prvními třemi vstupními podmínkami:

- Dokončen odsun filtračních desek
- Ostříkovač se nenachází na koncové pozici
- Dostatek ostříkové vody

Pokud nejsou splněny tyto podmínky je nutné, aby zasáhla místní obsluha. V případě nedokončeného automatického odsunu je nutné, aby tento krok dokončila místní obsluha pomocí manuálního ovládání. Totožná situace nastává pokud ostříkové rameno se nachází na koncové pozici a nevrací se samostatně zpět na výchozí pozici. Pokud ovšem nastane situace, kdy není dostatek ostříkové vody, musí tento problém řešit sama organizace.

Po splnění výše popsanych podmínek se stavový automat nalézá v pozici T6, z toho vyplývá že nyní celá konstrukce ostříkovače se dává do pohybu. Nastává totiž operace přesunutí ostříkovače na nejbližší následující filtrační desku. Jakmile je taková deska indikována indukčním snímačem, je pohyb celé konstrukce ostříkovače zastaven a pomocí odsunu je nalezená deska umístěna do požadovaných míst ostříkovače. Správné umístění i směr pohybu desky je opět snímán pomocí dalších indukčních snímacích prvků. Ve chvíli, kdy filtrační deska je umístěna na předem definované pozici, dochází k zasunutí ostříkového ramena. Spolu se zasouváním ostříkového ramene dochází pomocí softstartéru ke spuštění vysokotlakého čerpadla. Po ukončení náběžné hrany vysokotlakého čerpadla se spouští samotný proces ostříku filtračních desek. Rameno, osazené vysokotlakými tryskami, vykoná cyklus umytí filtračních desek za pomoci vertikálních pohybů. Koncové polohy jsou opět snímány indukčními snímači. Jelikož ostříkové rameno se pohybuje díky lanu, je nutné, aby byla konstrukce ostříkovače vybavena koncovým mechanickým spínačem pro stav přetržení lana.

Po dosažení stavu T14 dochází k odstavení vysokotlakého čerpadla po doběhové rampě podobně jako u jeho spouštění. Následuje i krok vysunutí ostříkového ramene. Jako u předchozích kroků, vysunutí i zasunutí ostříkového ramene je snímáno indukčními prvky. Jakmile tedy dojde ke stavu T18 je umytá deska vyjmuta z ostříkovače pomocí odsunu. Ostříkovač opět opakuje první operaci a to je přesun na následující desku. Po nalezení následující desky se celý proces umytí filtrační desky opakuje. Cyklus probíhá do chvíle, kdy konstrukce ostříkovače nedorazí na poslední desku a snímač koncové polohy ukončí ostříkový cyklus. Po ukončení této sekvence následuje přesun ostříkovače do výchozí pozice.

5 Návrh a implementace vrstvy HMI

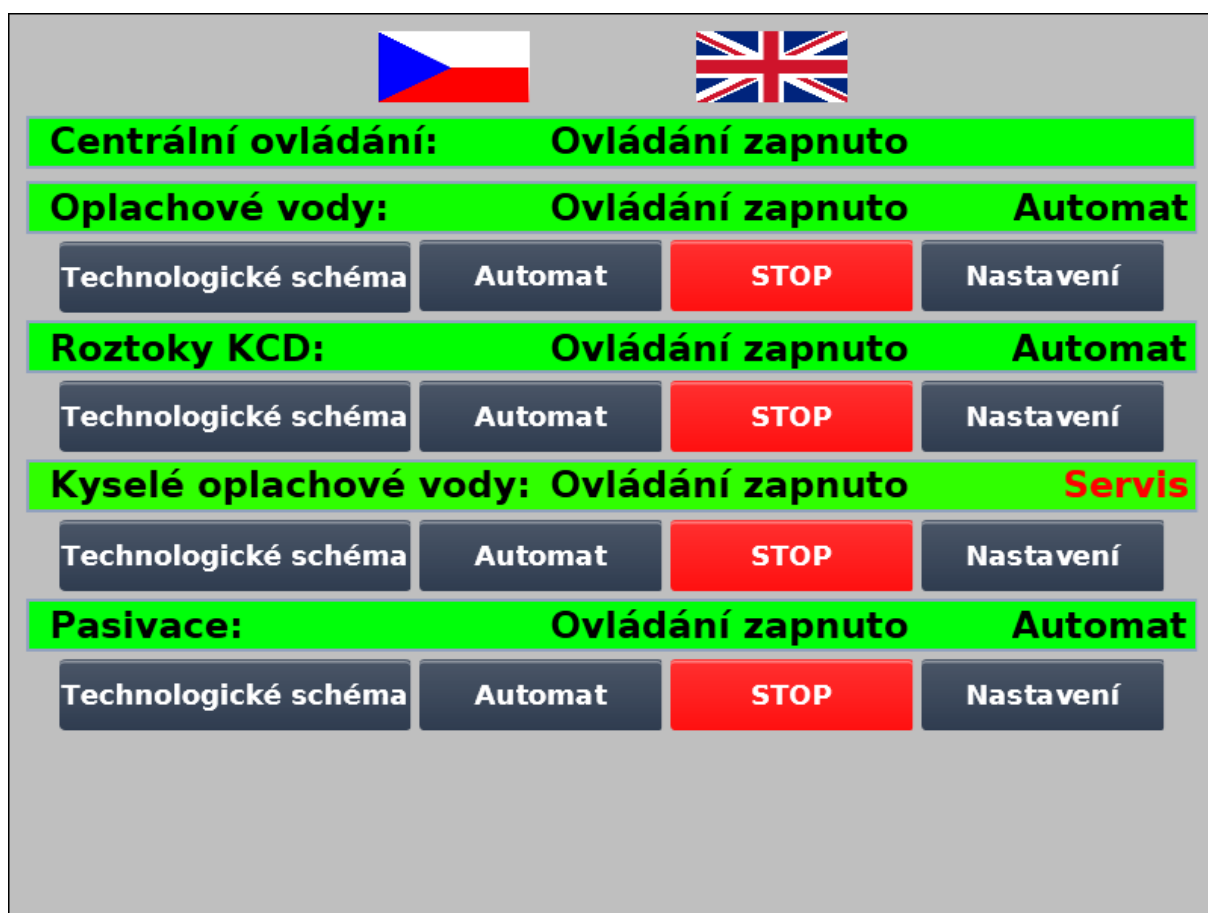
Dosud byly popsány základní principy technologie a využitých funkcí a algoritmů, pro vytvoření funkčního řídicího algoritmu v podobně stavového automatu, který je implementován do průmyslového CPU. Ovšem nyní je nezbytné rozebrat následující logicky navazující kapitolu.

Tímto tématem je vizualizace neboli HMI (Human Machine Interface). Tento prvek slouží v průmyslových aplikacích pro znázornění stavů, ve kterých se v danou chvíli technologický celek nachází. Dále lze pomocí tohoto nástroje provádět úpravu vstupních parametrů, na kterých je závislá následná regulace soustavy. V poslední řadě se zde nachází služba servisní režim. Tento mód je určen pouze pro kvalifikované osoby, jelikož umožňuje spustit jakýkoliv akční člen bez vstupních podmínek.

5.1 Hlavní obrazovka

Po přivedení napájecího napětí na přívodní svorky rozvaděče RMK a následného sepnutí hlavního výkonového odpojovače, se spustí úvodní společná obrazovka pro všechna pomocná hospodářství. Pro spuštění celého systému je nutné provést několik kroků:

- Reset bezpečnostních prvků.
- Zapnout centrální ovládání.
- Zapnout jednotlivá lokální ovládání.



Obrázek 43 Hlavní obrazovka HMI

Dokud nebude ovládání aktivováno, není možné spustit jakýkoliv akční člen. Pod napájecí napětí se dostanou pouze snímací prvky a programovatelný automat. Z čehož vyplývá skutečnost, že není možno do takovéto chvíle provést jakoukoliv regulaci automaticky či manuálně.

Po aktivování ovládání je stav znázorněn dlouhým reflexivně zeleným pruhem s názvem pomocného hospodářství a heslem „Ovládání zapnuto“. Pod úrovní těchto, signalizací aktivovaného, ovládání lze nalézt čtyři ovládací prvky, které jsou shodné pro všechny zúčastněné technologie (Obrázek 43).

A to:

- Technologické schéma
- Automat
- Stop
- Nastavení

Pod ovládacím prvkem „Technologické schéma“ se ukrývá obrazovka zobrazující zjednodušené technologické schéma daného pomocného hospodářství. Ve schématu lze sledovat informace získané ze snímacích prvků, jako například jsou:

- Úrovně hladiny jednotlivých kapalin.
- Hodnoty naměřených pH ve statických směšovačích.
- Polohy jednotlivých periferií kalolísů.

Dále je zde vyobrazen chod a stav využívaných akčních prvků technologie. Je využito barevného značení, aby se názorně upozornilo v jakém stavu se daný akční člen nachází.

Jako druhý ovládací prvek zde nalezneme „Automat“, tento člen nemá další vizualizaci, ale odstartuje automatický chod a následnou regulaci daného technologického celku. V řídicím automatu jsou obsaženy čtyři na sobě nezávislé řídicí algoritmy. To v konečném důsledku znamená, že do automatického chodu můžeme uvést jen ty technologie, které jsou třeba. Zbylé technologie mohou být odstaveny nebo provozovány v manuálním režimu. Na spuštění automatického režimu úzce navazuje následující třetí ovládací prvek. Tímto prvkem je tlačítko „Stop“. Toto ovládací tlačítko je od ostatních třech barevně odlišeno křiklavě červenou barvou. Ovládací člen slouží k odstavení veškerých akčních členů, jenž jsou v automatickém či manuálním režimu. Pozor, tento prvek nenese stejnou vážnost jako nouzové tlačítko „Emergency stop“.

Jako poslední zmíněný prvek je „Nastavení“, který spouští ovládací obrazovku. Tato obrazovka slouží k nastavení vstupních parametrů, které v průběhu chodu pomocného hospodářství lze měnit dle potřeby. Dále zde nalezneme přístup do servisního režimu. Tento režim se zpřístupní pouze kvalifikovaným osobám. Jež vlastní své přihlašovací údaje do systému. Kvalifikovanou osobou není myšlen obsluhující personál technologického celku. Servisní režim, jak jeho název napovídá, je předně určen pouze pro servisní zásahy. A dovoluje ovládání jakéhokoliv akčního členu, aniž by muselo dojít ke splnění vstupních podmínek. [3]

5.2 Vstupní parametry hospodářství Oplachových vod

Před prvním spuštěním je nutno zkontrolovat nebo upravit dle potřeb vstupní parametry technologického celku. Dané nastavení lze provést, jak již napověděl předchozí odstavec, pomocí ovládacího prvku s názvem „Nastavení“. Po načtení obrazovky si můžeme všimnout již známých ovládacích prvků. Nachází se zde hlavní ovládací panel a zároveň signalizační lišta znázorňující vypnuté či zapnuté ovládání dané části. A v poslední řadě na této liště vyčte obsluha i využívaný režim regulace.

The screenshot displays a control interface for 'Oplachové vody' (Rinse Water) technology. At the top, there are four buttons: 'Technologické schéma', 'Automat', 'STOP', and 'Přehled technologií'. Below these is a green banner with the text 'Oplachové vody: Ovládání zapnuto Automat'. The main area is divided into several panels:

- Flotační nádrž T11**: Contains controls for 'Interval odkalování' (SS s) and 'Interval otevření ventilů' (MS11.1, MS11.2, MS11.3, MS11.4, each with an 'SS s' input).
- Sedimentační nádrž T13**: Contains 'Interval odkalování' (SS s).
- Statický směšovač**: Contains 'Optimální pH' (-999999999.999).
- Servisní režim**: Features a warning icon and text 'Servisní režim je určen pouze pro kvalifikované osoby!'. It has 'Servis' and 'STOP' buttons.
- Přihlášení**: Includes 'Přihlášený uživatel: Antares', a 'Zadej heslo:' field, and a 'Přihlásit' button. A note states 'Po dokončení servisního zásahu je nutné se odhlásit!'. There is also an 'Odhlásit' button.

Obrázek 44 Nastavení 1. Technologie

V první technologii s názvem „Oplachové vody“ je nezbytné, aby byly nastaveny vstupní parametry tří bloků (Obrázek 44). Tyto bloky reprezentují tyto části technologie:

- Flotační nádrž T11
- Statický směšovač
- Sedimentační nádrž

Jako první blok pro nastavení například zvolíme „Flotační nádrž T11“. U tohoto bloku, jak již bylo psáno výše, musí docházet k pravidelnému odstraňování usazeného kalu. Tudíž jako první obsluha zvolí hodnotu položky „Interval odkalení“. Ten reprezentuje časovou konstantu, za kterou se vždy provede operace odkalení. Následně je nutné zvolit časový interval otevření jednotlivých výpustných ventilů.

Každý ventil smí dosahovat jiné časové konstanty. Tato možnost je zde s toho důvodu, že se kal bude usazovat nerovnoměrně. Z toho vyplývá skutečnost, že na dně poslední komory se nebude nacházet takové množství usazeného kalu jako například v první komoře. Podrobnější popis flotační nádrže a její princip byl probrán výše v textu.

Dále je nutné pamatovat na skutečnost, že není možné, aby existovalo jednotné časové nastavení pro odkalování pro veškeré vrtné tyče. Obslužný personál musí dle znečištění odvodit potřebné časové intervaly. Aby nedocházelo k náhodnému nastavování časových intervalů, obsahuje technická dokumentace technologický návod, jak tyto konstanty definovat.

Jako další blok, jenž je nutné nastavit, je hodnota požadovaného pH ve statickém směšovači. Jak je patrné z obrazovky, může obsluha využít konstantu s přesností až do tří desetinných míst. V praxi se ovšem omezujeme na konstanty s přesností na jednu desetinu. Zobrazení tisícín je zde pouze pro kalibrační účely. Je vhodné, aby obslužný personál prováděl pravidelné kalibrační cykly. Ideální rozmezí mezi jednotlivými kalibracemi sond je cca třicet dní.

Posledním nastavovaným blokem je sedimentační nádrž. Podobně jako u flokulační stanice, je nezbytné nastavit časový interval pro pravidelné odkalování usazeného kalu ze dna nádrže. Tento interval bude mnohem delší než u flokulační stanice, jelikož se zde nebude nacházet takové množství usazeného kalu.

5.3 Vstupní parametry hospodářství Roztoků KCD

Dále je nutné nastavit druhé pomocné hospodářství. V této technologii se nastavují pouze dva bloky. Jedná se o tyto prvky:

- Flotační nádrž T21
- Nádrž T23

Nastavení flotační nádrže je naprosto totožné s popisem v předchozí podkapitole. Opět je nutné odvodit potřebné časové konstanty, závislé na znečištění vrtných tyčí. Korektní zvolení časových intervalů vyžaduje znalost základné problematiky u obslužného personálu.

Nastavení bloku s názvem „Nádrž T23“ je z pohledu obslužného personálu naprosto totožný jako u nastavení požadované hodnoty pH ve statických směšovačích. Hodnota pH se nastavuje v jednotkách s přesností jednoho desetinného místa. Následující desetinná místa jsou zde opět pouze jen kvůli kalibraci skleněné pH sondě.

Na následujícím obrázku si lze všimnout jisté odlišnosti od předchozího obrázku. Tato změna spočívá v aktivaci servisního režimu. Je nutné zadat správné uživatelské jméno a heslo. Po úspěšném přihlášení se aktivuje tlačítko s názvem „Servis“ (Obrázek 45).

The screenshot displays a control interface for a system. At the top, there is a navigation bar with four buttons: "Technologické schéma", "Automat", "STOP", and "Přehled technologií". Below this bar is a green status bar containing the text "Roztoky KCD:", "Ovládání zapnuto", and "Servis". The main interface is divided into four panels:

- Flotační nádrž T21:** Contains settings for "Interval odkalování:" (set to "SS s") and "Interval otevření ventilů:". Below these are four rows for "MS21.1:", "MS21.2:", "MS21.3:", and "MS21.4:", each with a corresponding "SS s" value.
- Nádrž T23:** Contains a setting for "Optimální pH:" set to "-999999999.999".
- Servisní režim:** Features a yellow warning triangle icon and the text "Servisní režim je určen pouze pro kvalifikované osoby!". Below this is a "Servis" button and a "STOP" button.
- Přihlášení:** Contains a login section with "Přihlášený uživatel:" (Antares) and "Zadej heslo:" (Heslo). Below the password field is a blue exclamation mark icon and the text "Po dokončení servisního zásahu je nutné se odhlásit!". At the bottom are "Přihlásit" and "Odhlásit" buttons.

Obrázek 45 Nastavení 2. Technologie



Veškerá činnost provozovaná v servisním režimu, je zaznamenávána do speciálně vytvořené databáze, která je ukládána spolu s chybovým hlášením do externí paměti CPU. Zaznamenávanou činností je myšleno:

- Přihlášení do servisního modu.
- Aktivace či deaktivace jednotlivých akčních členů.
- Odhlášení ze servisního modu.

V případě jakékoliv závady či poruchy je tento dokument prozkoumán výrobcem pro zjištění, zda nedošlo k neoprávněnému zásahu obsluhy.

5.4 Vstupní parametry hospodářství Kyselých oplachových vod

V tuto chvíli jsou nastaveny dvě technologie ze čtyř. Proto je nutno nastavit další. Následující technologií jsou kyselé oplachové vody (Obrázek 46). Z předchozích popisů všech technologií můžeme odvodit skutečnost, že třetí technologie je spojením předchozích dvou v jeden celek.

Technologické schéma		Automat	STOP	Přehled technologií
Kyselé oplachové vody: Ovládání zapnuto				Servis
Flotační nádrž T31a Interval odkalování: <input type="text" value="SS s"/> Interval otevření ventilů: MS31.1a: <input type="text" value="SS s"/> MS31.2a: <input type="text" value="SS s"/> MS31.3a: <input type="text" value="SS s"/> MS31.4a: <input type="text" value="SS s"/>		Flotační nádrž T31b Interval odkalování: <input type="text" value="SS s"/> Interval otevření ventilů: MS31.1b: <input type="text" value="SS s"/> MS31.2b: <input type="text" value="SS s"/> MS31.3b: <input type="text" value="SS s"/> MS31.4b: <input type="text" value="SS s"/>		
Sedimentační nádrž T33 Interval odkalování: <input type="text" value="SS s"/>		Statický směšovač Optimální pH: <input type="text" value="-999999999.999"/>		
Servisní režim  Servisní režim je určen pouze pro kvalifikované osoby!		Přihlášení Přihlášený uživatel: Antares Zadej heslo: <input type="password" value="Heslo"/>  Po dokončení servisního zásahu je nutné se odhlásit!		
Servis		STOP	Přihlásit	
			Odhlásit	



Obrázek 46 Nastavení 3. technologie

Proto zde nalezneme opět nastavení časových konstant pro odkalování flotačních nádrží, které se od předchozích technologií odlišuje pouze v tom, že je obsaženo dvakrát. V tomto technologickém celku se nacházejí dvě flotační nádrže s označením T31a a T31b. Nenalezneme žádnou vazbu mezi těmito nádržemi. Každá je samostatná.

Dále zde nalezneme statický směšovač pro úpravu pH, pouze s úpravou jedné položky. A to z důvodu, že obslužný personál smí měnit pouze hodnoty výstupního pH ze statického směšovače. Změna požadované hodnoty pH na vstupu statického směšovače by vedla k naprosto chybnému chemickému postupu.

5.5 Vstupní parametry hospodářství Pasivace

Nastavení posledního kroku se provede v technologické části, která nese název „Pasivace“. Položka, která dosud v popisech jednotlivých nastavení nebyla zmíněná, je ovládací tlačítko s názvem „Stop“ umístěné v těsné blízkosti ovládacího modulu s názvem „Servis“. Daný ovládací prvek má stejnou náležitost jako tlačítko „Stop“ v hlavním menu. Dojde k odstavení veškerých akčních prvků technologie. Nedojde ovšem k odstavení ovládání, jako by to bylo u bezpečnostního tlačítka „Emergency stop“.

Technologické schéma	Automat	STOP	Přehled technologií
Pasivace: Ovládání zapnuto Servis			
<u>Sedimentační nádrž T41</u> Interval odkalování: <input type="text" value="SS s"/>		<u>Sedimentační nádrž T41</u> Optimální pH: <input type="text" value="-999999999.999"/>	
<u>Servisní režim</u>  Servisní režim je určen pouze pro kvalifikované osoby! Servis STOP		<u>Přihlášení</u> Přihlášený uživatel: Antares Zadej heslo: <input type="text" value="Heslo"/>  Po dokončení servisního zásahu je nutné se odhlásit! Přihlásit Odhlásit	

Obrázek 47 Nastavení 4. technologie

Poslední technologický celek slouží, k neutralizaci vrtných tyčí a vytvoření ochranného povlaku na povrchu tyče. Tato technologie je ze všech obsahovaných nejjednodušší. Pro její nastavení je nutné pouze zvolit časový interval pro odkalování sedimentační nádrže T41 a následně požadované výsledné pH kapaliny v nádrži. (Obrázek 47)

5.6 Servisní režim

Po úspěšném přihlášení do systému, se zpřístupní vstup do servisního režimu. Jak je možné vidět na následujícím obrázku, jsou zde zpřístupněny veškeré akční členy prvního technologického celku nesoucí název „Oplachové vody“ (Obrázek 48).

Opět si zde můžeme všimnout reflexivně zeleného pruhu, ten znázorňuje stejně, jako v předchozích obrazovkách, aktivované ovládání dané technologie. Po vstupu do servisní obrazovky se automaticky deaktivuje automatický režim. A to má za důsledek, že dojde k odstavení veškerých akčních prvků. Pokud chceme obnovit chod těchto prvků, musíme je ručně aktivovat na této obrazovce a nebo opustit servisní režim aktivováním automatického režimu. [5]



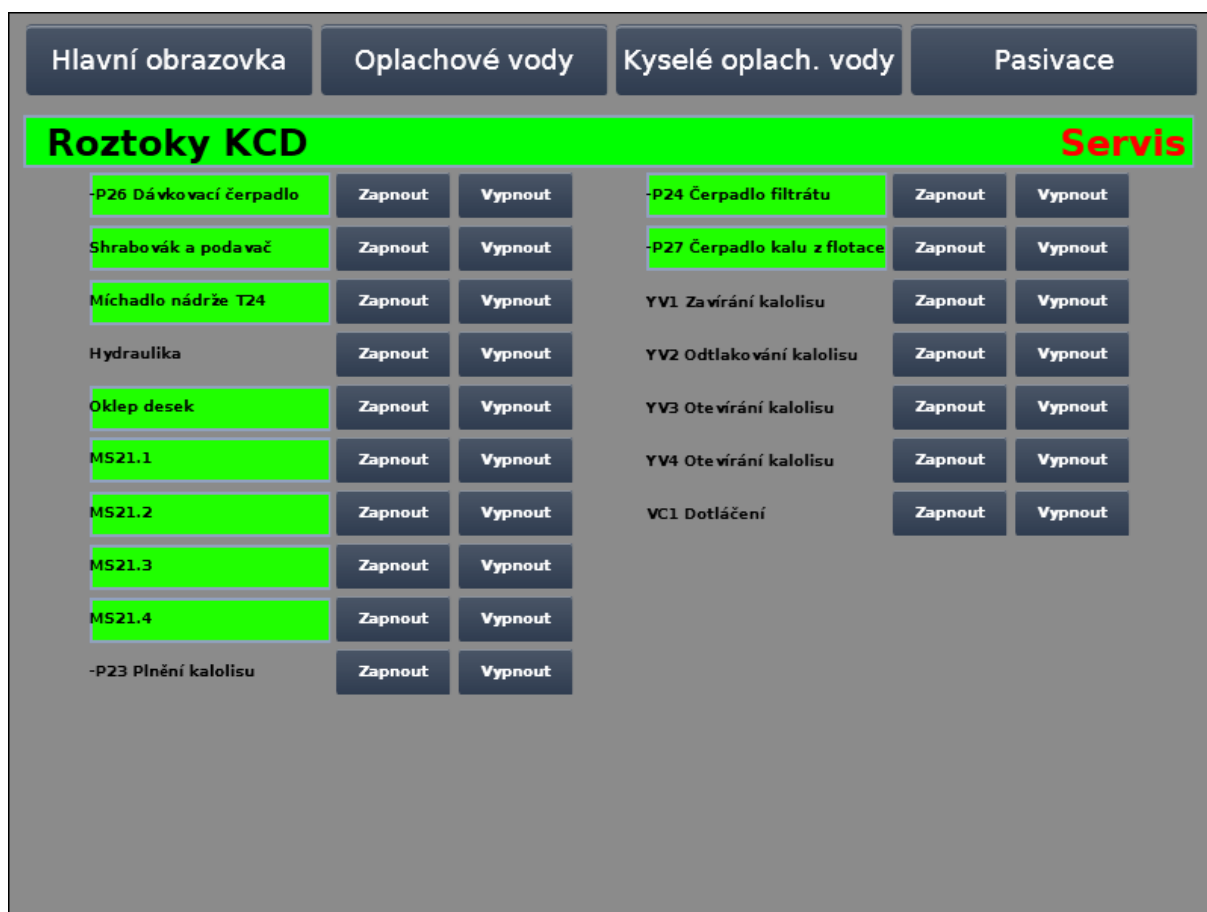
Obrázek 48 Servisní režim 1. Technologie

Přechod zpět do automatického režimu technologie způsobí to, že přihlášená kvalifikovaná osoba v servisním režimu bude okamžitě odhlášena. Z bezpečnostního hlediska je tento krok nezbytný. Použitím řídicí logiky se zabrání vzniku škod na technologii, případně újmě na zdraví obslužného personálu.

Servisní režim se dále odlišuje od standardního zobrazení jinou hlavní nabídkou. Jakmile se vstoupíme do servisního režimu, lze snadno přeskakovat mezi jednotlivými technologiemi. Jedná se ovšem pouze o servisní režim. A jeho položky nabídky:

- Hlavní obrazovka
- Servisní obrazovka 1. Technologie
- Servisní obrazovka 2. Technologie
- Servisní obrazovka 3. Technologie
- Servisní obrazovka 4. Technologie

Obrazovka, která je právě aktivní, například servisní obrazovka 3. Technologie (Roztoky KCD) viz obrázek 49, není logicky zobrazena v hlavní nabídce. Ukončení servisního režimu lze provést návratem do jedné z obrazovek nastavení, kde stiskneme ovládací prvek k odhlášení kvalifikovaného uživatele. Nebo jednodušeji, stačí odejít na hlavní obrazovku a aktivovat automatický režim regulace dané technologie.



Obrázek 49 Servisní režim 2. Technologie

Servisní režim tedy nabízí možnost zapnutí nebo vypnutí jednotlivých akčních prvků. Pro tyto účely slouží ovládací tlačítka s názvy:

- Zapnout
- Vypnout

Ovládací prvky jsou na servisní obrazovce pro každý akční člen zvlášť. Jelikož aktivních prvků v každé technologii je mnoho, musela být servisní obrazovka vždy rozdělena do dvou sloupců. Nabízí se i varianta ponechat každému akčnímu prvku svůj vlastní řádek, ale v takovém to případě by musel být na obrazovce vertikální posuvník. Tento prvek by nebyl problém zakomponovat do vizualizace, ale způsobil by zhoršené přehlednosti o právě spuštěných či zastavených prvcích.

Spuštěný akční člen lze snadno rozeznat od odstaveného. Protože získá reflexivně zelené podbarvení. Pro lepší představu je situace znázorněná na následujícím obrázku 50 servisní obrazovky 3. Technologie (Kyselé oplachové vody).

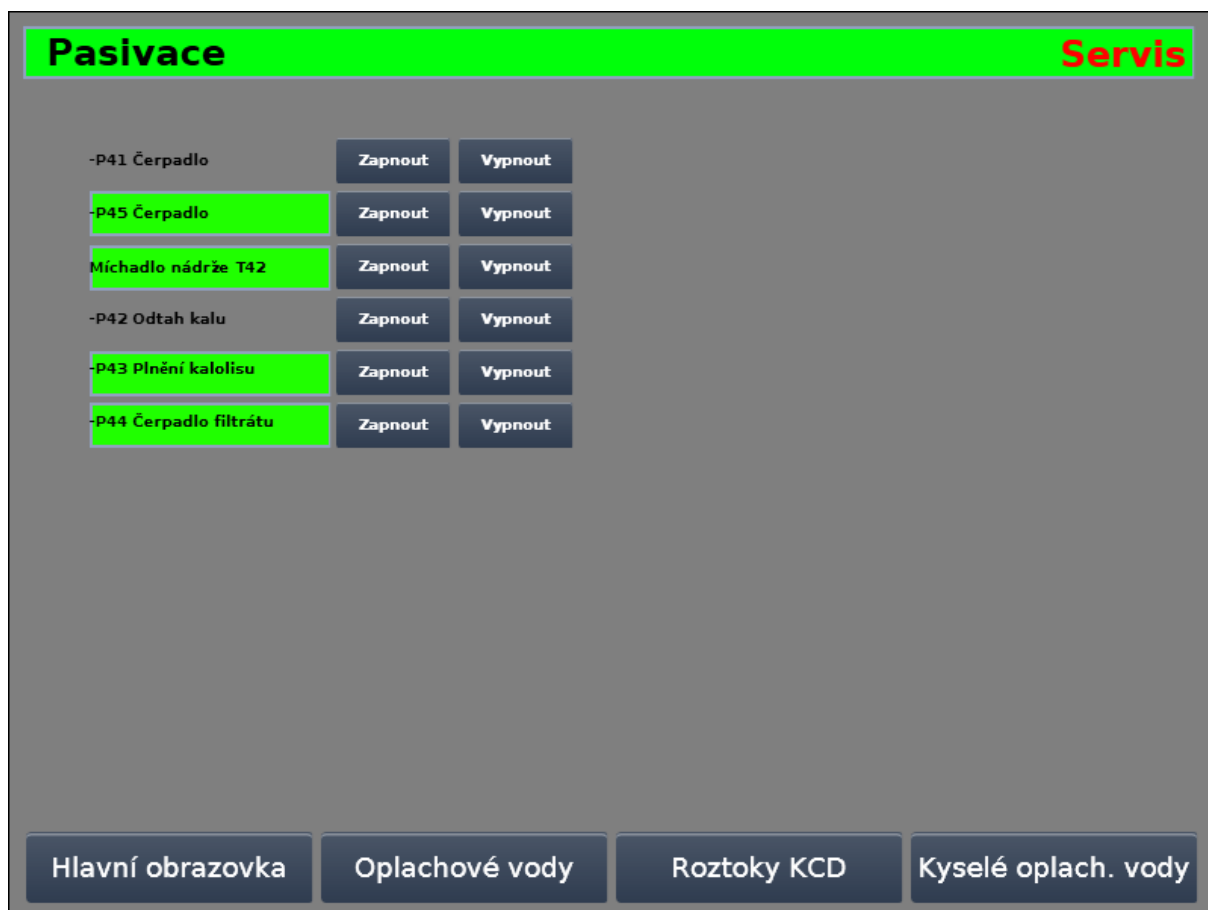


Obrázek 50 Servisní režim 3. technologie

Po podrobnějším prozkoumání servisního režimu si lze všimnout i nasimulované chyby. Tato chyba je záměrně, aby se zdůraznilo obrovské riziko, které servisní režim doprovází. Nyní k dané chybě. Na obrázku 50, který zobrazuje servisní obrazovku 3. Technologického celku (Kyselé oplachové vody) si je možné si všimnout následující situace.

Kvalifikovaný obslužný personál spustil čerpadlo hydraulického agregátu kalolisu. Zároveň otevřel ventil YV1 nacházející se v hydraulickém agregátu. Tento ventil slouží k otevření hydraulického okruhu pro zavírání a následné natlakování kalolisu. Do této chvíle by bylo vše v pořádku.

Ovšem závažný problém nastal ve chvíli, kdy servisní pracovník spustil oklep desek kalolisu. Jak již bylo několikrát zmíněno, servisní režim je zde pouze a výhradně pro servisní práce a zásahy. Z tohoto důvodu aktivaci jakéhokoliv pohonu či prvku nezabrání žádná vstupní podmínka. V klasickém automatickém režimu je nutné, aby byl vždy otevřen lis, pokud požadujeme spuštění oklepu desek. Spuštění oklepu desek při neotevřeném lisu způsobí poškození filtračních desek. Poškození je tak velké, že je nutný zásah odborného pracovníka nebo výměna poškozené filtrační desky.



Obrázek 51 Servisní režim 4. technologie

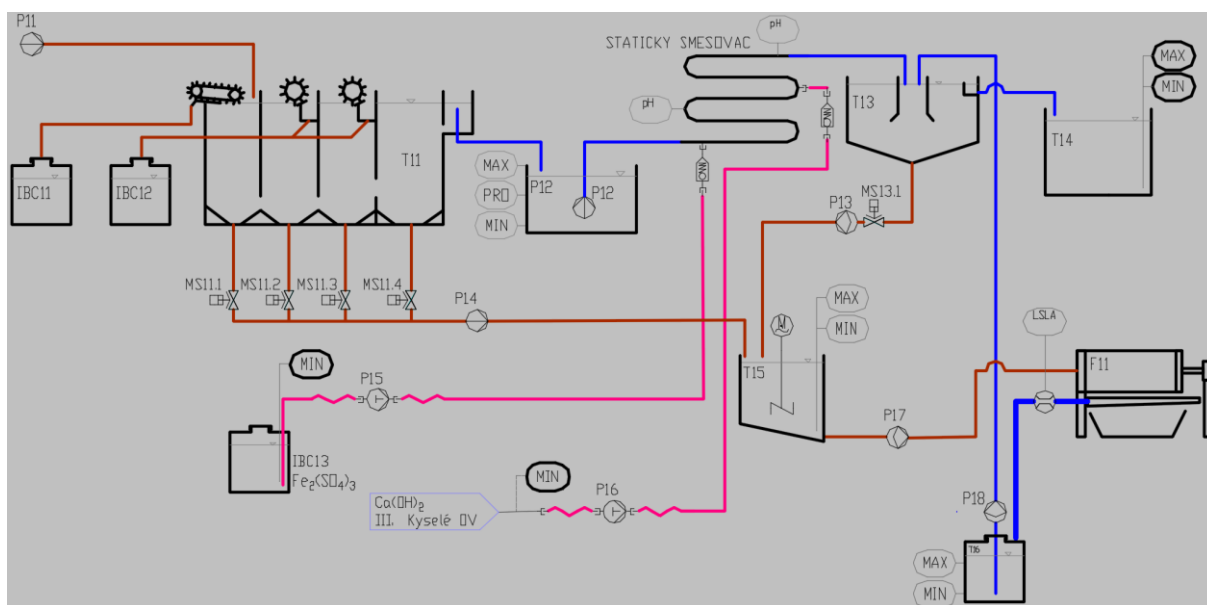
5.7 Technologické schéma

Poslední nepopsanou část hlavního menu, jsou technologická schémata jednotlivých technologických celků. Tvorba této části byla ze všech nejvíce komplikovaná. Byl využit volně stažitelný software UniLogic pro tvorbu celého říjícího algoritmu, nebyly dostupné grafické knihovny pro vizualizaci.

Nabízela se varianta samostatného vytvoření vlastních knihoven grafických prvků. Tento krok byl uskutečněn, ale využití pro tyto vytvořené komponenty se našlo v jiných projektech. Důvod je naprosto jednoduchý.

Pro zobrazení celé technologie, máme k dispozici pouze deseti palcový displej, viz výběr PLC komponent. Což napovídá skutečnosti, že poskytnutého místa je opravdu málo. Proto vytvořené prvky nakonec byly využity ve SCADA vizualizacích (Obrázek 52).

Konečné řešení, jak zobrazit stav daného technologického celku, je takový že se využily stávající technologická schémata vytvořená v programu AutoCad. Schémata se zjednodušila a lehce upravila pro účely vizualizace na deseti palcovém displeji.

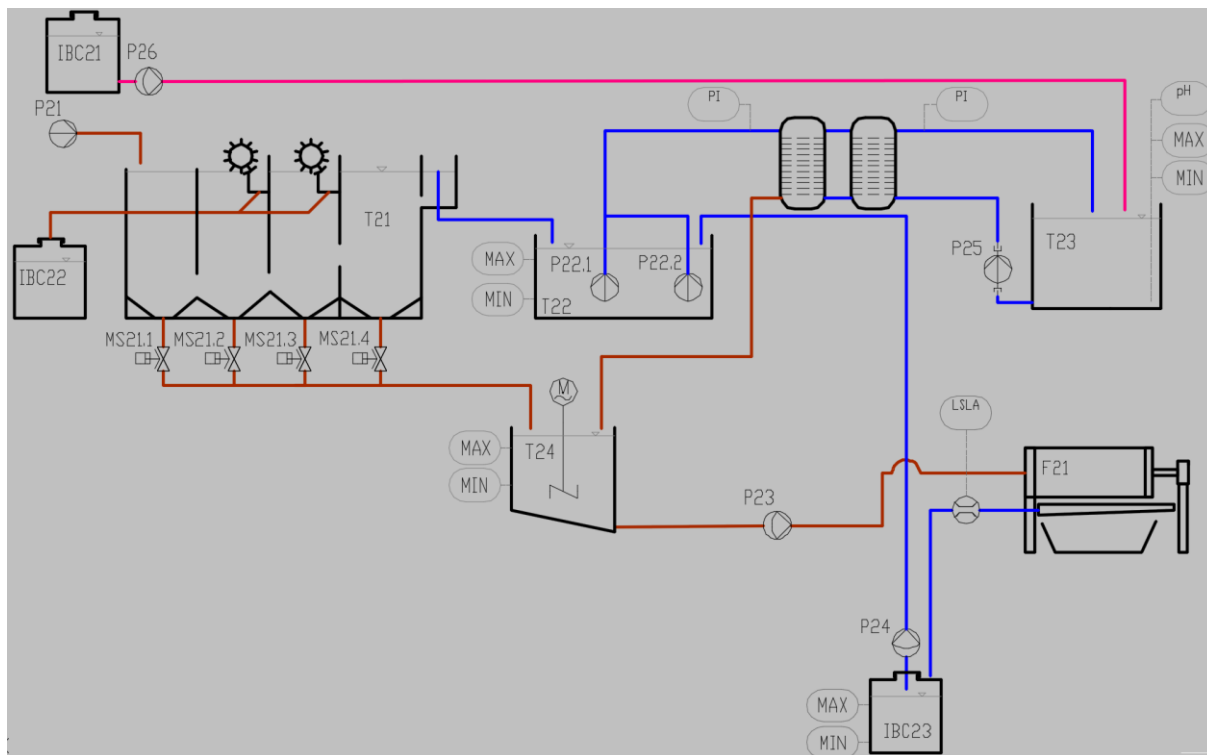


Obrázek 52 HMI Technologické schéma 1. pomocného hospodářství.

První změnou oproti originálu, je odstranění informací, které jsou pro obsluhový personál nepotřebné a v originální verzi byly obsaženy jen z důvodu realizace celkového zapojení. Jedná se o tyto vyjmuté prvky:

- Průřezy a světlosti potrubních tras.
- Rozvody technologického vzduchu.
- Výrobní označení akčních členů.
- Parametry akčních členů a nádrží.

Dále byly upraveny použité barvy jednotlivých bloků. Hlavním důvodem je fakt, že prostředí AutoCad v továrním nastavení má černé pozadí, Proto některé využívané barvy následně na světlém barevném pozadí nejsou dobře čitelné. Spolu s úpravou barev bloků došlo i k úpravě velikosti písma.



Obrázek 53 HMI Technologické schéma 2. pomocného hospodářství

Krom všech možných kosmetických úprav na vzhledu stávajících výkresů došlo i k rapidním změnám. Touto změnou je barevné zvýraznění a rozlišení jednotlivých potrubních tras. Je nutné, aby obslužný personál při pohledu na potrubní trasu mohl co nepřesněji a nejrychleji určit o jaký typ potrubní trasy jde.

Pro všechny čtyři pomocná hospodářství je zvolené stejné rozdělení potrubních tras. Tyto trasy se dělí na kategorie:

- Potrubní trasa pro kal (hnědá)
- Potrubní trasa pro vodu (modrá)
- Potrubní trasa pro chemikálie (růžová)

Nejen na schématech, ale i v reálném zapojení, nesou fyzicky potrubní trasy tyto značky pro jejich rozlišení. Hlavní výhodou tohoto rozlišení je velice snadná identifikace potrubní trasy při servisních pracích (Obrázek 53).

Krom barevného rozlišení potrubí, bylo nezbytné vytvořit i barevnou signalizaci pro akční a snímací prvky. Na všech vyobrazených upravených technologických schématech jsou tyto prvky neaktivní, sdílejí šedé pozadí. Ovšem pokud nastane situace, kdy snímací prvek úrovně hladiny dosáhne požadované hladiny, změní své podbarvení.

Jako příklad poslouží nádrž pasivačního roztoku IBC41. V této nádrži je hlídána minimální hladina z důvodu ochrany dávkovacího čerpadla. Pokud podbarvení signalizace dané hladiny je prošedlé (viz obrázek 54), znamená to, že není dostatek pasivačního roztoku, což má za následek odstavení nejen dávkovacího čerpadla ale celého technologického celku, jelikož přítomnost pasivačního roztoku je hlavní podmínkou.



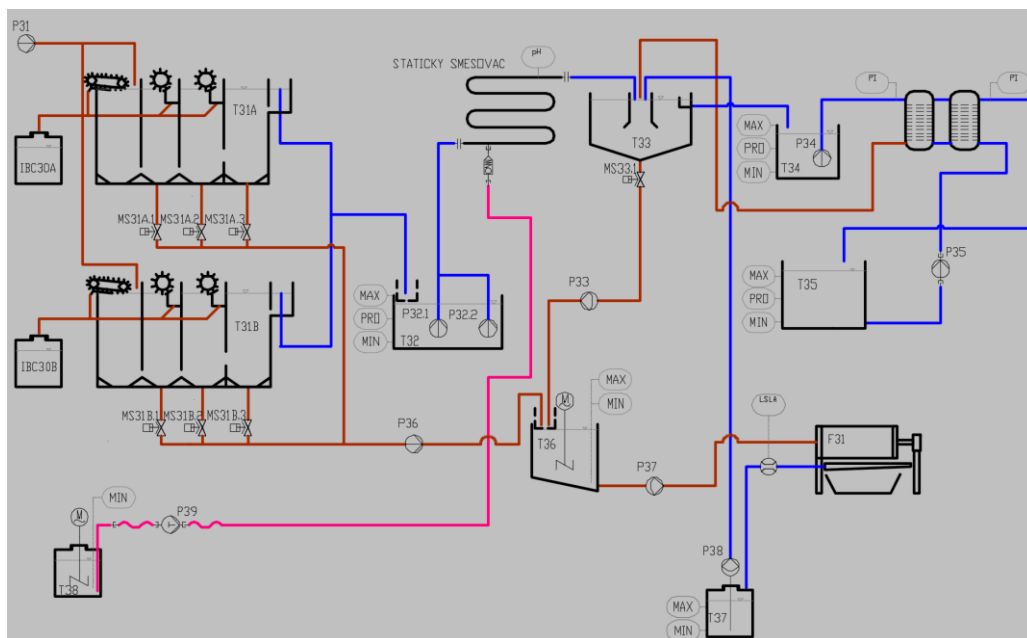
Obrázek 54 Neaktivní snímací prvek

Pokud ovšem nastane druhý případ, a signalizace snímacího prvku bude podbarvená reflexivní zelenou, znamená to dostatek pasivačního roztoku (viz obrázek 55).



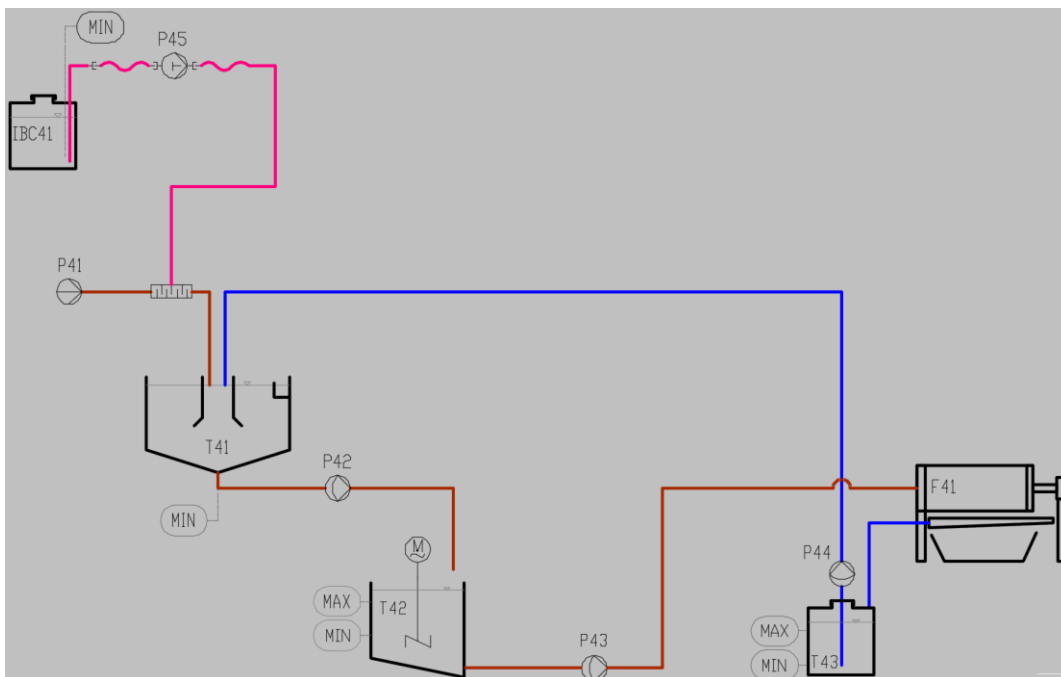
Obrázek 55 Aktivní snímací prvek

Tento princip signalizace platí pro všechny snímací prvky určené pro identifikaci hladiny nebo polohy ve všech pomocných hospodářství. [3]



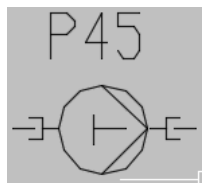
Obrázek 56 HMI Technologické schéma 3. pomocného hospodářství

Výjimku zde tvoří pouze snímací prvky pro měření hodnoty pH nebo průtoku. Tyto snímací prvky nejsou prosvětlovány jinými barvami. Zde se pouze zobrazuje aktuální naměřená hodnota, která je získána pomocí přepočtu z hodnot získaných proudovou smyčkou.



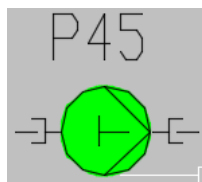
Obrázek 57 HMI Technologicke schéma 4. pomocného hospodářství

Dále je třeba objasnit barevnou signalizaci u využívaných akčních prvků. Opět pro názornější vysvětlení využijeme příklad nádrže IBC41 s pasivačním roztokem. Pokud nebude dosaženo minimální hladiny, bude signalizace v automatickém režimu stejná jako u hladiny.



Obrázek 58 Neaktivní akční prvek

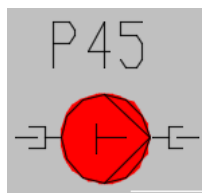
Jakmile ovšem dojde k dosažení potřebné hladiny a řídicí automat spustí daný akční člen bez indikace poruchy, bude signalizace chodu vypadat následovně (obrázek 59).



Obrázek 59 Aktivní akční člen

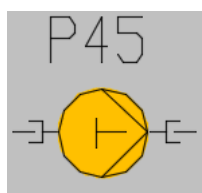
Ovšem u akčních členů mohou nastat i jiné situace, než jaké byly doposud popsány. Každý akční člen je chráněn tepelnou a proudovou ochranou. Díky pomocným kontaktům, které jsou součástí těchto ochranných systémů, snímá stavový automat stav akčních prvků. Jakmile by nastala situace, že právě zmiňované

čerpadlo P45 bylo odstaveno ochrannými prvky z běžného provozu, je tento stav signalizován červeným podbarvením. (obrázek 60).



Obrázek 60 Porucha akčního prvku

Dále se zde nachází ještě jedna možnost chodu akčního prvku. A tím je servisní chod. Bylo nutné, aby i samotná vizualizace rozlišovala servisní a automatický chod akčního prvku.



Obrázek 61 Servisní režim akčního prvku

6 Závěr

V poslední kapitole je nutné zhodnotit celý projekt, kterým se tato diplomová práce detailně zabývala. K výslednému verdiktu lze dojít hodnocením dílčích úkonů, které byly nezbytné pro vytvoření požadovaného celku.

Tudíž, v první řadě bylo nezbytné detailní studium technologických schémat. Na základě těchto podkladů bylo možné nejen analyzovat technologický postup dané operace, ale i požadované hardwarové součásti jako jsou akční a snímací členy. Ovšem podmínkou tohoto zjištění bylo prohloubení znalostí z oboru chemie a to především anorganické části.

Získání a analýza všech potřebných informací vedlo k vytvoření popisu všech akčních a snímacích prvků. Ten je nezbytný k následnému vytvoření schématu zapojení hlavní rozvodné skříně RMK a následujících externích ovládacích a rozvodných skříní. Spolu s vytvořením schématu zapojení došlo k vybrání jednotlivých potřebných hardwarových, ale i softwarových komponent.

Po vytvoření schémat zapojení, dílčích technologických skupin a vybrání vhodných komponent, bylo nutné vytvořit poslední projekční operaci nutnou k zapojení ovládací skříně. Tímto posledním krokem je modelování rozmístění jednotlivých komponent a kabelových tras vně rozvodné skříně. Bylo nutné vyčlenit silovou část pro veškeré výkonové, jistící a vypínací prvky. A následně modelovat část pro MaR (měření a regulaci), která se dále dělí na digitální a analogovou část. V rámci tohoto rozvrhnutí musí být i umístěna kabeláž příslušné svorkovnice. Po dokončení tohoto bylo zapojení realizováno. Dokončení zapojování všech rozvodných a ovládacích skříní je doprovázené kusovou zkouškou, jejíž výstupem je protokol o kusové zkoušce.

Jakmile bylo elektrické zapojení dokončeno, bylo zapotřebí vypracovat pro jednotlivé části technologického celku diagramy aktivit. Podkladem pro tyto diagramy jsou opět technologická schémata. Diagramy jednotlivých aktivit, jsou nápomocny při následném vytváření řídicích algoritmů pro jednotlivé pomocné hospodářství. Spolu s tvorbou řídicích algoritmů, došlo i k vytvoření vizualizace. A právě v tomto kroku nastal drobné komplikace při realizaci celého projektu. Jelikož znalost vývojového prostředí UniLogic byla značně omezená, oproti vývojovému prostředí TIAPortal, bylo zapotřebí více času pro zdárné dokončení.

Po dokončení hardwarové i softwarové části bylo nutné celé zařízení otestovat. Ovšem veškeré základní testy probíhaly na půdě investora pouze s využitím surové vody. Z důvodu následného transportu za Atlantický oceán do Nevadské pouště. Zde byl následně úspěšně odladěn a spuštěn ostrý provoz celého technologického celku.

7 Literatura

- [1] CORRIPIO, Armando B. a Michael W. NEWELL. [i]Tuning of industrial control systems.[/i] Third edition. Research Triangle Park, NC: ISA, International Society of Automation, 2015. ISBN 087664034X.
- [2] PETRUZELLA, Frank D. [i]Programmable logic controllers.[/i] Fifth edition. New York, NY: McGraw-Hill Education, 2016. ISBN 0073373842.
- [3] MCCRADY, Stuart G. [i]Designing SCADA application software: a practical approach.[/i] Singapore: Elsevier Science, 2013. ISBN 0124170005.
- [4] GISCHEL, Bernd. [i]EPLAN electric P8: reference handbook.[/i] 4th edition. Cincinnati: Hanser Publications, 2016. ISBN 978-1569904985.
- [5] ŠMEJKAL, Ladislav a Marie MARTINÁSKOVÁ. [i]PLC a automatizace.[/i] 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 1999. ISBN 80-86056-58-9.
- [6] How do you connect a sensor to the analog signal modules. *Support industry siemens* [online]. Německo: Siemens, 2012 [cit. 2017-04-25]. Dostupné z: <https://support.industry.siemens.com/cs/document/40913432/how-do-you-connect-a-sensor-to-the-analog-signal-modules-of-simatic-s7-1200-?dti=0&lc=en-MZ>
- [7] JUZIK, Ondřej. *Řízení úpravny pitné vody*. Ostrava, 2015. Bakalářská práce. VŠB - Technická univerzita Ostrava.
- [8] POJISTKOVÉ SYSTÉMY VARIUS. *OEZ* [online]. Letohrad: OEZ, 2016 [cit. 2017-04-25]. Dostupné z: <http://www.oez.cz/varius>
- [9] TeSys GS. *Schneider electric* [online]. Německo: Schneider electric, 2016 [cit. 2017-04-25]. Dostupné z: <http://www.schneider-electric.cz/cs/product-range/674-tesys-gs/>
- [10] JISTIČE. *OEZ* [online]. Letohrad: OEZ, 2016 [cit. 2017-04-25]. Dostupné z: <http://www.oez.cz/produkty/jistice-minia>
- [11] Acti 9. *Schneider electric* [online]. Německo: Schneider electric, 2016 [cit. 2017-04-25]. Dostupné z: <http://www.schneider-electric.cz/cs/product-range-download/7661-acti-9>
- [12] NIVOFLOAT. *Nivelco* [online]. Brno: Nivelco, 2012 [cit. 2017-04-25]. Dostupné z: http://www.nivelco.com/download/pdf/nw10s10c0603b_cseh.pdf
- [13] Productfinder. *Balluff* [online]. Německo: Balluff, 2017 [cit. 2017-04-25]. Dostupné z: http://www.balluff.com/local/cz/productfinder/#?data=selection%5Bca%5D%3DA0001%26selection%5Bcg%5D%3DG0101%26selection%5Bproduct%5D%3DF01102%26selection%5Bproduct_variant%5D%3DPV118391
- [14] DeTec2 Core. *Sick* [online]. Německo: Sick, 2017 [cit. 2017-04-25]. Dostupné z: <https://www.sick.com/cz/cs/product-portfolio/opto-electronic-protective-devices/safety-light-curtains/detec2-core/c/g295674>
- [15] 6AG1212-1HE40-2XB0. *Mall industry siemens* [online]. Německo: Siemens, 2016 [cit. 2017-04-25]. Dostupné z: <https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Product/6AG1212-1HE40-2XB0>

- [16] UniStream® 10.4". *Unitronics PLC* [online]. USA: Unitronics, 2017 [cit. 2017-04-25]. Dostupné z: <https://unitronicsplc.com/unistream-series-unistream104/>
- [17] JAN BINDZAR A KOLEKTIV. *Základy úpravy a čištění vod*. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2009. ISBN 9788070807293.
- [18] HÁLA, Jiří. *Radioaktivní izotopy*. Tišnov: Sursum, 2013. ISBN 9788073232481.
- [19] S7-1200 Programmable controller. *Industry Siemens* [online]. Německo: Siemens, 2015 [cit. 2017-04-26]. Dostupné z: https://cache.industry.siemens.com/dl/files/465/36932465/att_106119/v1/s71200_system_manual_en-US_en-US.pdf
- [20] STEP7 Basic V13 SP1. *Siemens* [online]. Německo: Siemens, 2012 [cit. 2017-04-26]. Dostupné z: http://www1.siemens.cz/ad/current/content/data_files/automatizacni_systemy/mikrosystemy/simatic_s71200/manualy/gsg_step7-basic-v10-5_2014-12_en.pdf

8 Přílohy

- I. Technologické schéma 1. pomocného hospodářství
- II. Technologické schéma 2. pomocného hospodářství
- III. Technologické schéma 3. pomocného hospodářství
- IV. Technologické schéma 4. pomocného hospodářství
- V. Schéma zapojení rozvodné skříně RMK
- VI. Kusová zkouška Rozvodné skříně RMK